



Engrenages droits et hélicoïdaux

Description	Symbole	Unité	Formule Engrenages droits	Formule Engrenages hélicoïdaux
Module réel	m_n			
Module apparent	m_t		$= m_n$	$= m_n / \cos \beta$
Module axial	m_x		-	$= m_n / \sin \beta$
Angle d'incidence réel	α_n	degré	20°	20°
Angle de pression apparent	α_t	degré	$= \alpha_n$	$= \tan^{-1} (\tan \alpha_n / \cos \beta)$
Angle d'hélice	β	degré	0°	15° ou 45°
Inclinaison	λ	degré	-	90- β
Nombre de dents	Z			
Coefficient de déport de denture	x		0 en standard	0 en standard
Saillie	h_a	mm	1. m_n	1. m_n
Creux	h_f	mm	1.25 m_n	1.25 m_n
Hauteur de dent	h	mm	2.25 m_n	2.25 m_n
Rapport de réduction	R		$= Z_2 / Z_1$	$= Z_2 / Z_1$
Entraxe	a	mm	$= (d_1 + d_2) / 2$	$= (d_1 + d_2) / 2$
Diamètre primitif	d	mm	$= Z.m_n$	$= Z.m_n = (Z.m_n) / \cos \beta$
Diamètre de tête	d_a	mm	$= d + (2m_n.x) + (2m_n)$	$= d + (2m_n.x) + (2m_n)$
Diamètre de pied	d_f	mm	$= d_a - (2.h)$	$= d_a - (2.h)$
Pas réel	p_n	mm	$= \pi.m_n$	$= \pi.m_n$
Pas apparent	p_t		-	$= \pi.m_t = (\pi.m_n) / \cos \beta$
Pas axial	p_x		-	$= \pi.m_x = (\pi.m_n) / \sin \beta$
Épaisseur de dent réelle sur Ø primitif	s_n	mm	$= (p_n/2) + 2m_n.x.\tan \alpha_t$	$= (p_n/2) + 2m_n.x.\tan \alpha_n$
Épaisseur de dent apparente sur Ø primitif	s_t	mm	-	$= (p_t/2) + 2m_n.x.\tan \alpha_t$

L'indice 1 indique la roue menante, l'indice 2 la roue menée.

Le diamètre de tête est le diamètre théorique de roue sans tolérance d'épaisseur de dents.

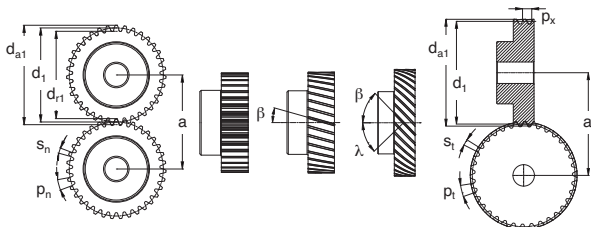
Pour s_n et s_t à $x=0$, c'est l'épaisseur de dents théorique. L'épaisseur de dent réelle sera plus faible.

Une roue hélicoïdale avec un angle $\beta=15^\circ$ à droite doit fonctionner uniquement avec une roue avec denture incliné à $\beta=15^\circ$ à gauche.

Une roue hélicoïdale avec un angle $\beta=45^\circ$ à droite doit fonctionner uniquement avec une roue avec denture inclinée à $\beta=45^\circ$ à droite.

Attention :

Les engrenages hélicoïdaux à axes parallèles de précision ont un angle d'hélice de 15°, et ne sont pas compatibles avec la gamme standard qui a un angle d'hélice de 17°45'.

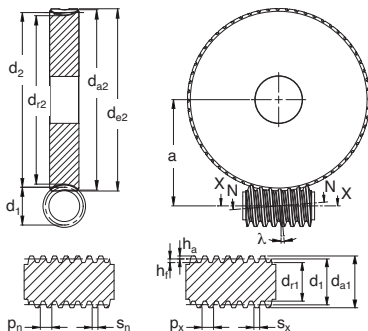




Roue et vis sans fin

Description	Symbole	Unité	Formule
Module axial	m_x		
Module réel	m_n		$= m_x \cdot \sin \lambda$
Angle d'incidence réel	α_n	degré	$= \tan^{-1} (\tan \alpha_n / \cos \lambda)$
Angle de pression apparent	α_t	degré	20°
Inclinaison	λ	degré	$= \tan^{-1} (m_x \cdot Z_1 / d_2)$
Angle d'hélice	β	degré	$90 - \lambda$
Nombre de dents vis	Z_1		
Nombre de dent roue	Z_2		
Coefficient de déport de denture	x		0 en standard
Saillie	h_a	mm	$1 \cdot m_x$
Creux	h_f	mm	$1.25 m_x$
Hauteur de dent	h	mm	$2.25 m_x$
Rapport de réduction	R		$= Z_2 / Z_1$
Entraxe	a	mm	$= (d_1 + d_2) / 2$
Diamètre primitif vis	d_1	mm	$(m_x \cdot Z_1) / \tan \lambda$
Diamètre primitif roue	d_2	mm	$= Z_2 \cdot m_x$
Diamètre de tête de vis	d_{a1}	mm	$= d_1 + (2m_x)$
Diamètre de pied de vis	d_{r1}	mm	$= d_{a1} - (2 \cdot h)$
Diamètre de tête de roue	d_{a2}	mm	$= d_2 + (2m_x)$
Diamètre de pied roue	d_{r2}	mm	$= d_{a2} - (2 \cdot h)$
Diamètre extérieur roue	d_{e2}	mm	$= d_{a2} + m_x$
Pas réel	p_n	mm	$= \pi \cdot m_n$
Pas axial	p_x	mm	$= \pi \cdot m_x$
Épaisseur de dent réelle sur Ø primitif	s_n	mm	$= s_x \cdot \cos \lambda$
Épaisseur de dent apparente sur Ø primitif	s_t	mm	$= (p_x / 2) + 2m_x \cdot x \cdot \tan \alpha_t$

Le diamètre de tête est le diamètre théorique de roue sans tolérance d'épaisseur de dents.
 Pour s_n et s_t à $x=0$, c'est l'épaisseur de dents théorique. L'épaisseur de dent réelle sera plus faible.





Rendement

Rendement

Le calcul ci-dessous permet d'estimer une valeur de rendement pour les couples roue/vis. Le rendement est fonction de la lubrification (huile minérale dans le tableau ci-dessous), ainsi que d'autres pertes comme les roulements, les joints... non prises en compte dans ce calcul.

$$\eta = \tan \lambda / \tan (\lambda + \rho z)$$

$$\rho z = \arctan (\mu)$$

$$v_g = (d_1 \cdot n_1) / (19098 \cdot \tan \lambda)$$

$$T_1 = (T_2 / \eta) \cdot \eta$$

T_1 = Couple d'entrée (Nm)

T_2 = Couple de sortie (Nm)

R = Rapport

η = Rendement

λ = Angle d'inclinaison (degré)

μ = Coefficient de friction

ρz = Angle de friction

v_g = Vitesse de glissement

n_1 = Vitesse rotation vis

d_1 = Diamètre primitif vis (mm)

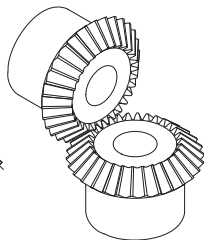
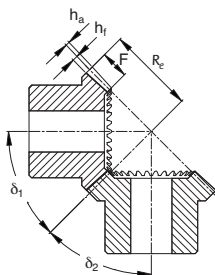
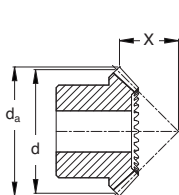
Coefficient de friction (Huile minérale)

Vitesse (m/s)	μ pour vitesse 0-30m/s									
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0-0.9	0.1500	0.0803	0.0694	0.0623	0.0583	0.0543	0.0521	0.0500	0.0480	0.0459
1.0-1.9	0.0438	0.0423	0.0410	0.0396	0.0382	0.0369	0.0359	0.0352	0.0344	0.0336
2.0-2.9	0.0329	0.0322	0.0316	0.0309	0.0304	0.0297	0.0293	0.0289	0.0286	0.0280
3.0-3.9	0.0276	0.0272	0.0268	0.0265	0.0261	0.0257	0.0254	0.0251	0.0248	0.0245
4.0-4.9	0.0242	0.0239	0.0236	0.0234	0.0232	0.0229	0.0226	0.0224	0.0223	0.0221
5.0-5.9	0.0219	0.0217	0.0215	0.0214	0.0212	0.0210	0.0209	0.0207	0.0205	0.0203
6.0-6.9	0.0202	0.0200	0.0199	0.0197	0.0196	0.0194	0.0193	0.0192	0.0190	0.0189
7.0-7.9	0.0187	0.0186	0.0185	0.0184	0.0183	0.0182	0.0181	0.0179	0.0178	0.0177
8.0-8.9	0.0176	0.0175	0.0174	0.0173	0.0173	0.0172	0.0172	0.0170	0.0169	0.0169
9.0-9.9	0.0169	0.0168	0.0166	0.0166	0.0164	0.0164	0.0164	0.0163	0.0162	0.0162
10.0-10.9	0.0161	0.0160	0.0159	0.0159	0.0159	0.0158	0.0157	0.0156	0.0156	0.0156
11.0-11.9	0.0155	0.0154	0.0154	0.0153	0.0153	0.0152	0.0151	0.0151	0.0150	0.0150
12.0-12.9	0.0149	0.0149	0.0149	0.0148	0.0148	0.0147	0.0147	0.0147	0.0146	0.0146
13.0-13.9	0.0146	0.0146	0.0146	0.0145	0.0145	0.0144	0.0144	0.0144	0.0144	0.0144
14.0-14.9	0.0143	0.0143	0.0143	0.0142	0.0142	0.0142	0.0142	0.0142	0.0141	0.0141
15.0-15.9	0.0141	0.0141	0.0141	0.0140	0.0140	0.0139	0.0139	0.0139	0.0139	0.0139
16.0-16.9	0.0139	0.0138	0.0138	0.0138	0.0138	0.0138	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137
17.0-17.9	0.0137	0.0136	0.0136	0.0136	0.0136	0.0136	0.0135	0.0135	0.0135	0.0135
18.0-18.9	0.0135	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134
19.0-19.9	0.0134	0.0133	0.0133	0.0133	0.0133	0.0133	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132
20.0-20.9	0.0132	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131
21.0-21.9	0.0131	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130
22.0-22.9	0.0130	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129
23.0-23.9	0.0129	0.0129	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128
24.0-24.9	0.0128	0.0128	0.0127	0.0127	0.0127	0.0127	0.0127	0.0127	0.0127	0.0127
25.0-25.9	0.0127	0.0127	0.0126	0.0126	0.0126	0.0126	0.0126	0.0126	0.0126	0.0126
26.0-26.9	0.0126	0.0126	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125
27.0-27.9	0.0125	0.0125	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124
28.0-28.9	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0123	0.0123
29.0-29.9	0.0123	0.0123	0.0123	0.0123	0.0123	0.0123	0.0123	0.0123	0.0123	0.0123
30.0	0.0123	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Engrenages coniques

Description	Symbole	Unité	Formule
Module réel	m_n		
Angle de pression apparent	α	degré	20°
Angle de renvoi	Σ	degré	$= \tan^{-1} ((m_n \cdot Z_1) / d_2)$
Rapport de réduction	R		$= Z_2 / Z_1$
Diamètre primitif	d	mm	$= Z \cdot m_n$
Angle primitif	δ_1	degré	$= \tan^{-1} (\sin \Sigma / (R + \cos \Sigma))$
Angle primitif	δ_2	degré	$= \Sigma - \delta_1$
Distance cône	R_e	mm	$= d_2 / 2 \sin \delta_2$
Saillie	h_a	mm	$1 \cdot m_n$
Creux	h_f	mm	$1.25 \cdot m_n$ (mod 0.6 à 1)
			$1.22 \cdot m_n$ (mod 1.5 à 2)
			$1.20 \cdot m_n$ (mod 4)
Diamètre extérieur	d_a	mm	$= d + 2h_a \cdot \cos \delta$
Sommet	X	mm	$= R_e \cdot \cos \delta - h_f \cdot \sin \delta$



Jeu

Les valeurs de jeu données pour les engrenages droits, hélicoïdaux à axes parallèles et hélicoïdaux à axes croisés sont les jeux théoriques pour deux roues identiques avec un entraxe standard selon ISO286.

Ces valeurs (en mm) sont données pour un jeu circonférentiel mesuré sur le diamètre primitif. Une valeur supérieure et une inférieure sont données.

Le jeu théorique est la différence entre l'épaisseur de dent avec et sans la tolérance appliquée. Le jeu est calculé selon DIN 3967.

Tolérance d'épaisseur de dents

Type d'engrenage	Module 0.5 à 0.8	Module 1.0 à 3.0	Tolérance entraxe
Droit	7e/8e DIN 58405	e25 DIN 3967	js7
Droit retaillé	6e DIN 58405	e25 DIN 3967	js7
Pignon arbré	7e DIN 58405	e25 DIN 3967	-
Hélicoïdaux axes parallèles	7e DIN 58405	e25 DIN 3967	js7
Hélicoïdaux axes croisés	7e DIN 58405	e25 DIN 3967	js8
Roue et vis sans fin	7e/8e DIN 58405	e25 DIN 3967	js8

Type d'engrenage	Module 0.6 à 4.0
Conique	7f24 DIN 3965/3967

A_{sn} : Epaisseur de dent permise qui est la différence entre l'épaisseur de dent mesurée et la valeur théorique mesurée sur la section normale. En travaillant avec une paire d'engrenages, l'indice 1 et 2 indique l'entrée (roue menante) et la sortie (roue menée), pour les roues et vis sans fin, 1 est pour la vis, 2 pour la roue. L'indice e correspond à l'écart supérieur et i à l'écart inférieur.

T_{sn} : Tolérance (mm) d'épaisseur de dents mesurée sur la section normale.

$$A_{sne} = S_n - S_{ne}$$

$$A_{sni} = A_{sne} - T_{sn} = S_n - S_{ni}$$

Jeu circonférentiel J_t

Le jeu circonférentiel J_t est la longueur d'arc sur le diamètre primitif sur lequel un engrenage tourne alors que l'autre est bloqué. Il est mesuré sur la section transverse. Unités = mm et degrés

$$j_t = \frac{A_{sn1} + A_{sn2}}{\cos \beta} + \Delta j_a$$

Jeu normal J_n

Le jeu normal J_n est la distance la plus courte entre deux flancs de dent quand les deux flancs opposés sont en contact. Il est mesuré sur la section transverse. Unités = mm et degrés

Pour les engrenages droits et hélicoïdaux :

$$j_n = j_t \cdot \cos \alpha_n \cdot \cos \beta$$



Jeu

Influence de la tolérance d'entraxe ΔJ_a sur le jeu circonférentiel

Unités = mm et degrés

$$\Delta j_a = 2 \cdot A_s \cdot \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta}$$

Engrenages droits		Engrenages hélicoïdaux axes parallèles		Engrenages hélicoïdaux axes parallèles	
Variation d'entraxe A_s	Influence sur le jeu ΔJ_a	Variation d'entraxe A_s	Influence sur le jeu ΔJ_a	Variation d'entraxe A_s	Influence sur le jeu ΔJ_a
0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
0,010	0,007	0,010	0,008	0,010	0,010
0,015	0,011	0,015	0,011	0,015	0,015
0,020	0,015	0,020	0,015	0,020	0,021
0,025	0,018	0,025	0,019	0,025	0,026
0,030	0,022	0,030	0,023	0,030	0,031
0,035	0,025	0,035	0,026	0,035	0,036
0,040	0,029	0,040	0,030	0,040	0,041
0,045	0,033	0,045	0,034	0,045	0,046
0,050	0,036	0,050	0,038	0,050	0,051

Jeu angulaire

Unités = mm et degrés

$$j_\theta = \frac{360 \times j_l}{\pi \times d_2}$$

 d_2 = Diamètre de référence (mm) A_s = Tolérance d'entraxe (ex. : $a = 30\text{mm Js7}$, $A_s = +/- 0.0105\text{mm}$) α_n = Angle de pression β = Angle d'hélice ($b = 0$ pour les engrenages droits)Remplacer l'angle d'hélice β par l'angle λ pour les roues et vis sans fin)

1° = 60 arcs minutes



e25 DIN 3967

Diamètre de référence		Ecart supérieur d'épaisseur de dent A_{sne}	Tolérance d'épaisseur de dents T_{sn}
Depuis	Jusqu'à		
-	10	-0.022mm	0.020mm
10	50	-0.030mm	0.030mm
50	125	-0.040mm	0.040mm
125	280	-0.056mm	0.050mm

e25 DIN 58405

Diamètre de référence d (mm)	Module réel m_n	Ecart supérieur d'épaisseur de dents A_{sne}	Tolérance d'épaisseur de dents T_{sn}
De 3 à 6	depuis 0.16 à 0.25	0.028	0.011
	depuis 0.25 à 0.6	0.030	0.012
	depuis 0.6 à 1.6	0.035	0.014
> 6 à 12	depuis 0.16 à 0.25	0.030	0.012
	depuis 0.25 à 0.6	0.035	0.014
	depuis 0.6 à 1.6	0.040	0.016
> 12 à 25	depuis 0.16 à 0.25	0.035	0.014
	depuis 0.25 à 0.6	0.040	0.016
	depuis 0.6 à 1.6	0.045	0.018
	depuis 1.6 à 3	0.050	0.020
> 25 à 50	depuis 0.16 à 0.25	0.040	0.016
	depuis 0.25 à 0.6	0.045	0.018
	depuis 0.6 à 1.6	0.050	0.020
	depuis 1.6 à 3	0.055	0.022
> 50 à 100	depuis 0.16 à 0.25	0.045	0.012
	depuis 0.25 à 0.6	0.050	0.018
	depuis 0.6 à 1.6	0.055	0.020
	depuis 1.6 à 3	0.063	0.022
> 100 à 200	depuis 0.6 à 1.6	0.063	0.024
	depuis 1.6 à 3	0.070	0.029
> 200 à 400	depuis 0.6 à 1.6	0.070	0.029
	depuis 1.6 à 3	0.080	0.032

**Exemple de calcul de jeu pour 2 engrenages non-identiques**

Roue menante : PSG0.5-20 7e

Roue menée : PSG0.5-40 7e

- 1• Calcul du diamètre de référence
- d
- pour chaque engrenage

$$\text{PSG0.5-20 } d_1 = z \cdot m_n = 10.00\text{mm}$$

$$\text{PSG0.5-40 } d_2 = 20.00\text{mm}$$

- 2• Trouver
- A_{sne}
- et
- T_{sn}
- dans les tableaux

$$\text{PSG0.5-20 } A_{sne} = -0.035\text{mm } T_{sn} = -0.014\text{mm}$$

$$\text{PSG0.5-40 } A_{sne} = -0.040\text{mm } T_{sn} = -0.016\text{mm}$$

- 3• Calculer
- A_{sni}
- pour chaque engrenage

$$\text{PSG0.5-20 } A_{sni} = A_{sne} - T_{sn} = -0.035 - 0.014 = -0.021\text{mm}$$

$$\text{PSG0.5-40 } A_{sni} = A_{sne} - T_{sn} = -0.040 - 0.016 = -0.024\text{mm}$$

- 4• Calculer l'entraxe et la tolérance d'entraxe

$$\text{Entraxe} = (10 + 20) / 2 = 15\text{mm}$$

$$js7 = 0,009\text{mm}$$

- 5• Calculer l'influence de l'entraxe sur le jeu

$$j_a = 2 \cdot A_s \cdot \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta} + 2 \cdot 0.009 \cdot \frac{\tan 20}{\cos 0} = 0.007\text{mm}$$

- 6• Calculer le jeu maximum, enlever le signe "moins" de
- A_{sn}

$$j_t = \frac{A_{sni1} + A_{sni2}}{\cos \beta} + \Delta j_a = \frac{0.035 + 0.040}{\cos 0} + 0.007 = 0.082\text{mm}$$

- 7• Calculer le jeu minimum, enlever le signe "moins" de
- A_{sn}

$$j_t = \frac{A_{sni1} + A_{sni2}}{\cos \beta} + \Delta j_a = \frac{0.021 + 0.024}{\cos 0} - 0.007 = 0.038\text{mm}$$

- 8• Convertir en jeu angulaire

$$j_\theta = \frac{360 \times j_t}{\pi \times d_2} \quad 1^\circ = 60 \text{ arc minutes}$$

$$j_\theta = 28.208 \text{ à } 13,072 \text{ arc minutes}$$