
Travaux dirigés

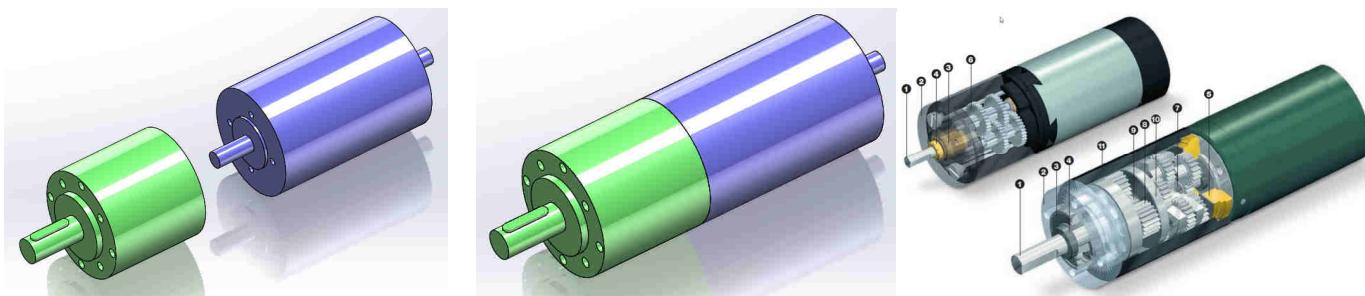
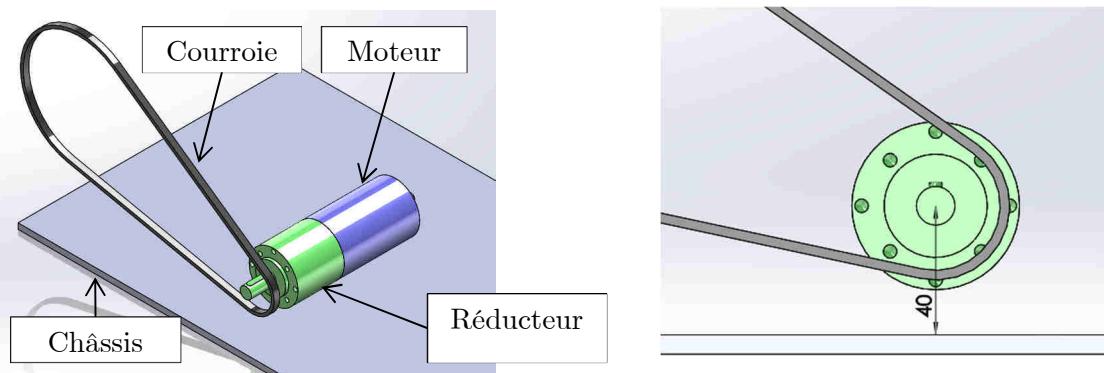
Conception et liaisons complètes

XAO 1 - TD 2

EPU R5-ACD-XAO – ROB3

Exercice 1 Conception de l'entraînement d'une courroie

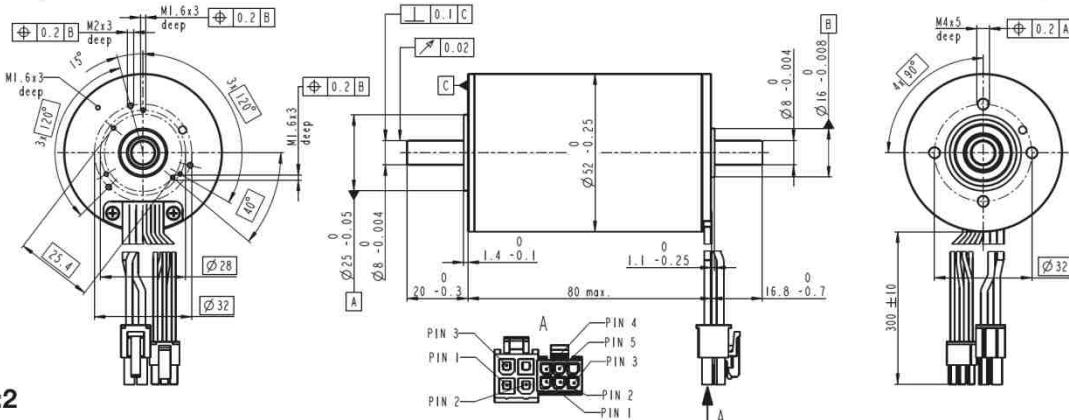
On s'intéresse ici à un dispositif d'entrainement d'une courroie plate par l'intermédiaire d'un motoréducteur. Le motoréducteur doit être solidarisé d'un châssis (plaqué d'épaisseur 6 mm) et entraîner par adhérence une courroie plate (diamètre intérieur de l'enroulement : 40 mm, largeur : 6 mm).



EC-i 52 Ø52 mm, brushless, 180 Watt

High Torque

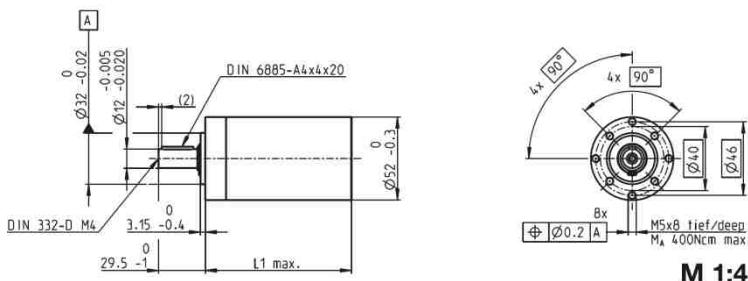
NEW



M 1:2

Planetary Gearhead GP 52 C Ø52 mm, 4–30 Nm

Ceramic Version



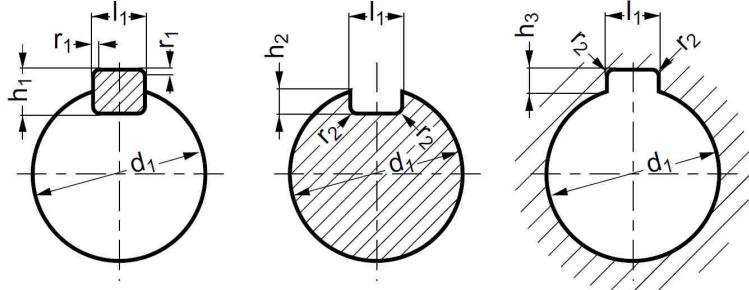
Technical Data

Technical Data	
Planetary Gearhead	straight teeth
Output shaft	stainless steel
Bearing at output	preloaded ball bearings
Radial play, 12 mm from flange	max. 0.06 mm
Axial play at axial load	< 5 N 0 mm > 5 N max. 0.3 mm
Max. axial load (dynamic)	200 N
Max. force for press fits	500 N
Direction of rotation, drive to output	=
Max. continuous input speed	6000 rpm
Recommended temperature range	-15...+80°C
Extended range as option	-40...+100°C
Number of stages	1 2 3 4
Max. radial load, 12 mm from flange	420 N 630 N 900 N 900 N

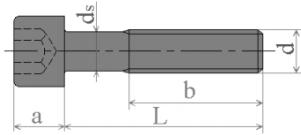
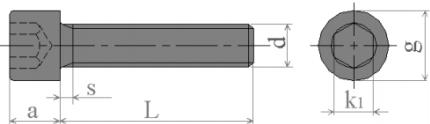
Caractéristiques d'un clavetage norme DIN 6885

DIN 6885 feuille 1

d_1		$l_{1JS} 10$	h_1	h_2	h_3	r_1	r_2
$6 \leq d_1 \leq 8$	de 6 à 8	2	2	$1,2 + 0,1$	$1 + 0,1$	0,2	0,2
$8 < d_1 \leq 10$	de 8 à 10	3	3	$1,8 + 0,1$	$1,4 + 0,1$	0,2	0,2
$10 < d_1 \leq 12$	de 10 à 12	4	4	$2,5 + 0,1$	$1,8 + 0,1$	0,2	0,2
$12 < d_1 \leq 17$	de 12 à 17	5	5	$3,0 + 0,1$	2,3		
$17 < d_1 \leq 22$	de 17 à 22	6	6	$3,5 + 0,1$	2,8		
$22 < d_1 \leq 30$	de 22 à 30	8	7	$4,0 + 0,2$	3,3		
$30 < d_1 \leq 38$	de 30 à 38	10	8	$5,0 + 0,2$	3,3		
$38 < d_1 \leq 44$	de 38 à 44	12	8	$5,0 + 0,2$	3,3		
$44 < d_1 \leq 50$	de 44 à 50	14	9	$5,5 + 0,2$	3,8		
$50 < d_1 \leq 58$	de 50 à 58	16	10	$6,0 + 0,2$	4,3		
$58 < d_1 \leq 65$	de 58 à 65	18	11	$7,0 + 0,2$	4,4		
$65 < d_1 \leq 75$	de 65 à 75	20	12	$7,5 + 0,2$	4,9		
$75 < d_1 \leq 85$	de 75 à 85	22	14	$9,0 + 0,2$	5,4		
$85 < d_1 \leq 95$	de 85 à 95	25	14	$9,0 + 0,2$	5,4		
$95 < d_1 \leq 110$	de 95 à 110	28	16	$10 + 0,2$	6,4		
$110 < d_1 \leq 130$	de 110 à 130	32	18	$11 + 0,3$	7,4 + 0,3	1,1	0,8



Caractéristiques des vis CHC M5



Vis à métaux à tête cylindrique à 6 pans creux ("CHC") - grade A - NF EN ISO 4762
Tableau 15

Fletage (d) mm	g mm	pas mm	a mm	k ₁ mm	b mini mm	s maxi mm	L (mm) : vis entièrement filetées L* (mm) : vis partiellement filetées
M5	8,5	0,8	5,0	4,0	22	2,4	8-10-12-16-20-25-30*-35*-40*-45*-50*

Vis à métaux à tête cylindrique
à 6 pans creux - "CHC"
grade A - NF EN ISO 4762

Conception du support moteur

Il s'agit ici de concevoir un support permettant de fixer le motoréducteur sur le châssis. Le positionnement doit être précis.

- ➔ Proposer sous forme de croquis à main levée, en indiquant les dimensions, une solution de support moteur réalisé par pliage.
- ➔ Proposer sous forme de croquis à main levée, en indiquant les dimensions, une solution de support moteur réalisé en injection plastique.
- ➔ Proposer sous forme de croquis à main levée, en indiquant les dimensions, une solution de support moteur usiné.

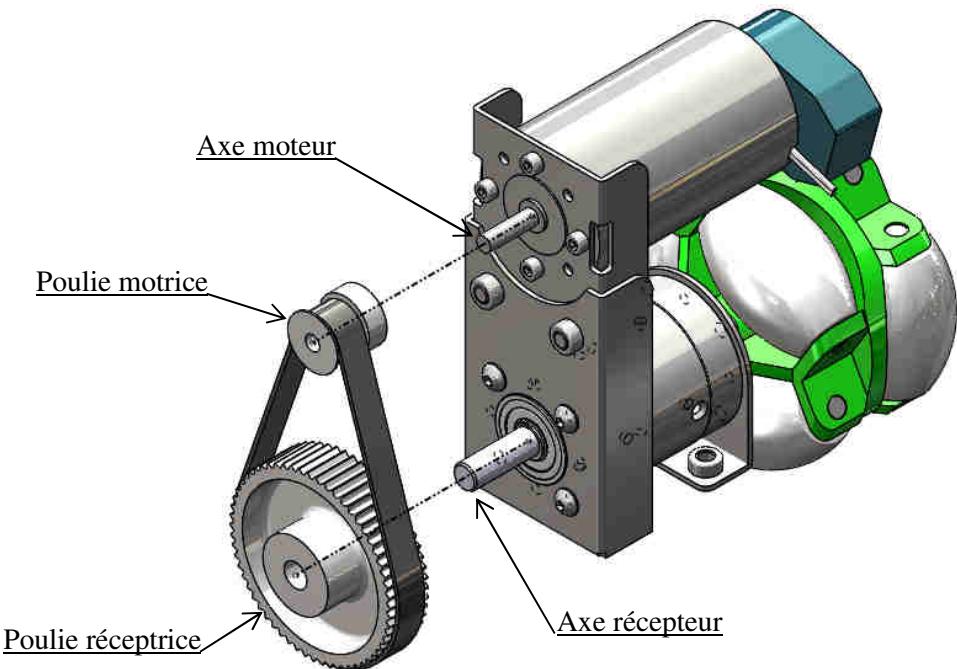
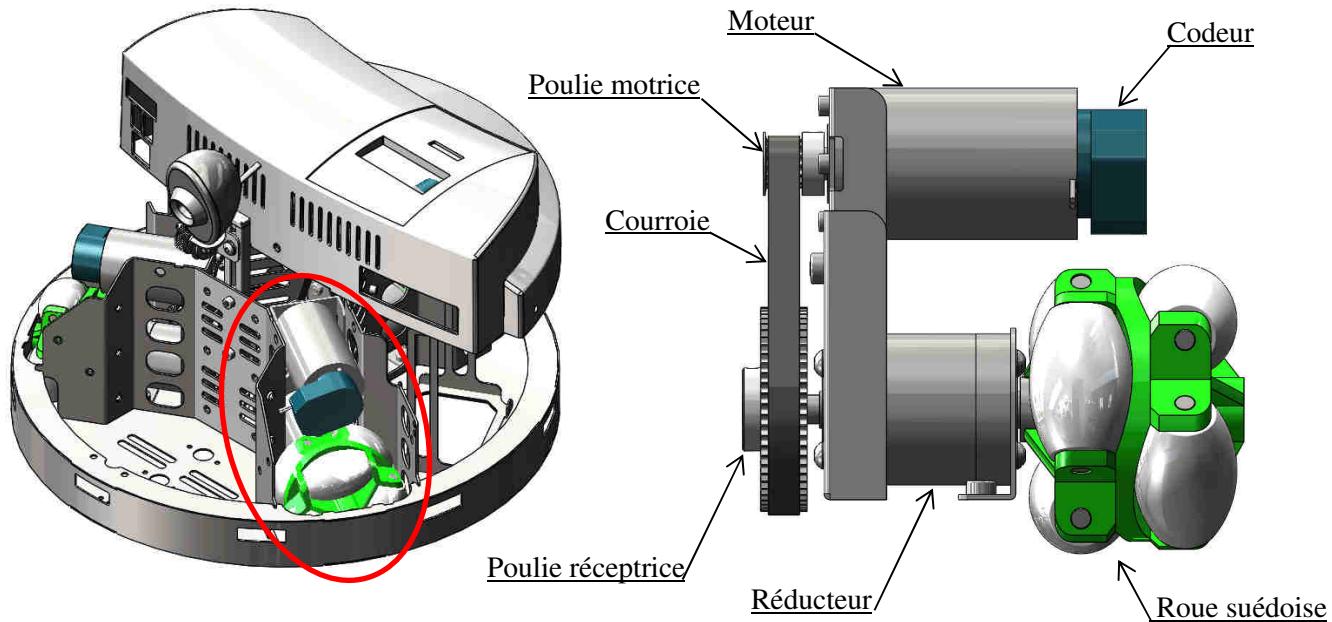
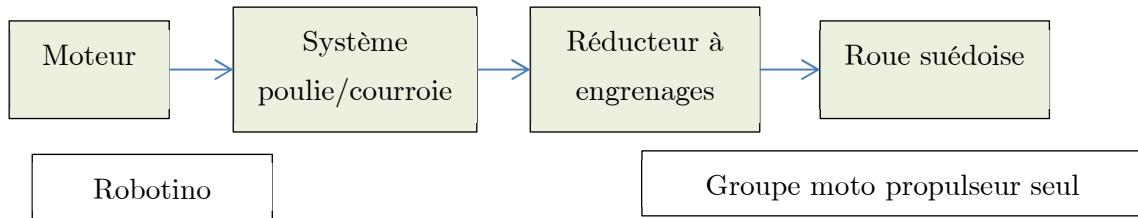
Conception de la poulie motrice

La poulie doit être montée sur l'axe de sortie du réducteur et accueillir la courroie. Elle ne doit pas entraver la rotation du motoréducteur.

- ➔ Proposer sous forme de croquis à main levée une solution de poulie réalisée en usinage. Préciser le processus pour chacune des formes.

Exercice 2 Robotino

Robotino est un robot mobile constitué de 3 groupes propulseurs identiques dont l'architecture est la suivante :



Travail demandé

Le travail demandé porte sur la conception et la définition de deux solutions de fixation :

- **De la poulie motrice sur l'axe moteur (de diamètre 5 mm)**

On envisage pour cette réalisation l'implantation de deux vis sans tête (voir annexe), la transmission du couple se faisant par adhérence.

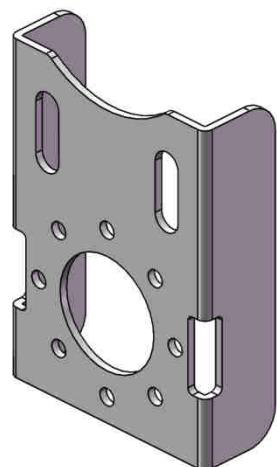
- **De la poulie réceptrice sur l'arbre récepteur (de diamètre 8 mm)**

On envisage pour cette réalisation l'implantation d'une clavette et d'anneaux élastiques (voir annexes) pour les arrêts axiaux.

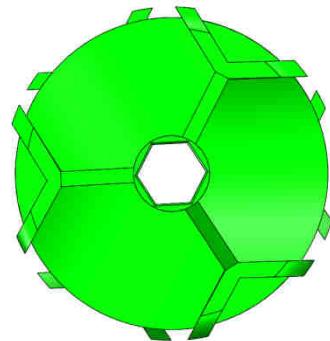
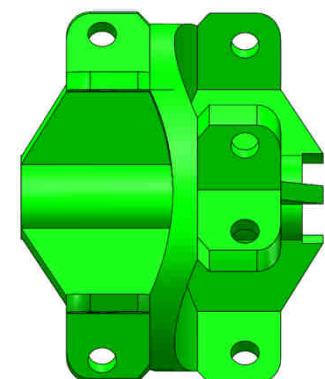
Questions

1. Décrire avec le plus de précision possible les deux liaisons complètes définies précédemment : dispositif de mise en position (surfaces en contact, guidages longs/courts, liaisons associées, etc.) et dispositif de maintien en position. Il est conseillé d'illustrer par des schémas vos descriptions.
2. Bien que d'architecture similaire, les deux liaisons complètes font l'objet de réalisations technologiques différentes. Pourquoi ?
3. La dimension de l'axe moteur est spécifiée par le fabricant sous la forme : $\phi 5\text{ g}7$. Faire le choix d'un ajustement glissant entre l'axe moteur et la poulie motrice. En déduire les dimensions mini et maxi de l'axe moteur et du trou de la poulie motrice. Déterminer le jeu mini et le jeu maxi.
4. Représenter les deux solutions de liaisons complètes sur le dessin d'ensemble sur la vue en coupe A-A. Il conviendra de respecter les règles de représentation usuelles (hachures notamment).

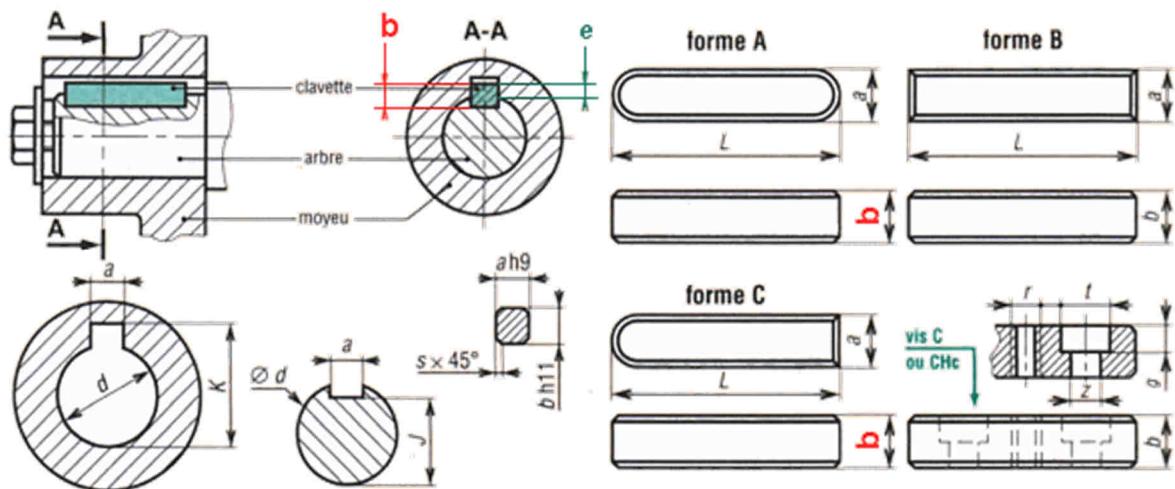
5. Donner un procédé de fabrication probable du support moteur représenté sur le dessin d'ensemble. Justifier la présence des deux trous oblongs repérés sur la vue correspondante.



6. Donner un procédé de fabrication probable de la « jante » de la roue suédoise. Décrivez succinctement le processus (étapes de la fabrication et constitution de l'outillage). Vous pourrez mettre à profit les vues représentées ci-dessous.



Annexe : Clavettes parallèles



Clavettes parallèles : principales dimensions normalisées

d de - à (inclus)	série normale						série mince			cas d'une fixation par vis				
	a	b	s	J	K	L	b*	J*	K*	vis	t	z	g	r
6 à 8	2	2	0.16	d-1,2	d+1	6 à 20								
9 à 10	3	3	à	d-1,8	d+1,4	6 à 36								
11 à 12	4	4	0.25	d-2,5	d+1,8	8 à 45								
13 à 17	5	5	0.25	d-3	d+2,3	10 à 56	3	d-1,8	d+1,4					
18 à 22	6	6	à	d-3,5	d+2,8	14 à 70	4	d-2,5	d+1,8	M2,5-6	5	2,9	3	2,5
23 à 30	8	7	0,40	d-4	d+3,3	18 à 90	5	d-3	d+2,3	M3-8	6,5	3,4	3,5	3
31 à 38	10	8	0,40	d-5	d+3,3	22 à 110	6	d-3,5	d+2,8	M4-10	8	4,5	4,5	4
39 à 44	12	8	à	d-5	d+3,3	28 à 140	6	d-3,5	d+2,8	M5-10	10	5,5	5,5	5
45 à 50	14	9	0,60	d-5,5	d+3,8	36 à 160	6	d-3,5	d+2,8	M6-10	12	6,6	6,5	6
51 à 58	16	10	0,60	d-6	d+4,3	45 à 180	7	d-4	d+3,3	M6-10	12	6,6	6,5	6
59 à 65	18	11	à	d-7	d+4,4	50 à 200	7	d-4	d+3,3	M8-12	16	9	8,5	8
66 à 75	20	12	0,80	d-7,5	d+4,9	56 à 220	8	d-5	d+3,3	M8-12	16	9	8,5	8
76 à 85	22	14	1	d-9	d+5,4	63 à 250	9	d-5,5	d+3,8	M10-12	20	11	10,5	10
86 à 95	25	14	à	d-9	d+5,4	70 à 280	9	d-5,5	d+3,8	M10-12	20	11	10,5	10
96 à 110	28	16	1,2	d-10	d+6,4	80 à 320	10	d-6	d+4,3	M10-16	20	11	10,5	10

Annexe : anneaux élastiques

Anneaux à montage axial

Anneaux élastiques pour arbres NF E 22-163

Montage recommandé



La forme des anneaux est étudiée afin d'obtenir une pression de serrage uniforme.

EXEMPLE DE DÉSIGNATION :
Anneau élastique pour arbre, d × e, NF E 22-163

C 60 phosphaté **Cuivre au beryllium**

Fabrication : Normal.

d	e	c	f	g	Tol. g	k	Fa*	d	e	c	f	g	Tol. g	k	Fa*
3	0,4	6,8	0,5	2,8	0 - 0,04	0,3	0,47	28	1,5	38,4	1,6	26,6	0	2,1	32,1
4	0,4	8,4	0,5	3,8	0	0,3	0,60	30	1,5	41	1,6	28,6	- 0,21	2,1	32,1
5	0,6	10,7	0,7	4,8	- 0,048	0,3	1	32	1,5	43,4	1,6	30,3		2,55	31,2
6	0,7	12,2	0,8	5,7		0,45	1,45	35	1,5	47,2	1,6	33		3	30,8
7	0,8	13,2	0,9	6,7		0,45	2,6	40	1,75	53	1,85	37,5	0	3,75	51
8	0,8	15,2	0,9	7,6	- 0,058	0,6	3	45	1,75	59,4	1,85	42,5	- 0,25	3,75	49
9	1	15,4	1,1	8,6		0,6	3,5	50	2	64,8	2,15	47		4,5	73,3
10	1	17,6	1,1	9,6		0,6	4	55	2	70,4	2,15	52		4,5	71,4
12	1	19,6	1,1	11,5		0,75	5	60	2	75,8	2,15	57		4,5	69,2
14	1	22	1,1	13,4	0	0,9	6,4	65	2,5	81,6	2,65	62	0	4,5	135,6
15	1	23,2	1,1	14,3	- 0,11	1,05	6,9	70	2,5	87,2	2,65	67	- 0,30	4,5	134,2
17	1	25,6	1,1	16,2		1,2	8	75	2,5	92,8	2,65	72		4,5	130
20	1,2	29	1,3	19	0 - 0,13	1,5	17,1	80	2,5	98,2	2,65	76,5		5,25	128,4
22	1,2	31,4	1,3	21	0	1,5	16,9	85	3	104	3,15	81,5	0	5,25	215,4
25	1,2	34,8	1,3	23,9	- 0,21	1,65	16,2	90	3	109	3,15	86,5	- 0,35	5,25	217

* Force axiale admissible sur l'anneau en kN.

Annexe : vis de pression à bout cuvette

Vis de pression à bout cuvette

Inox DIN
HCss
Inox A2

- Visserie selon DIN 916

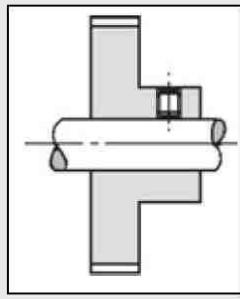
- Matière :

Inox 302/304 - A2

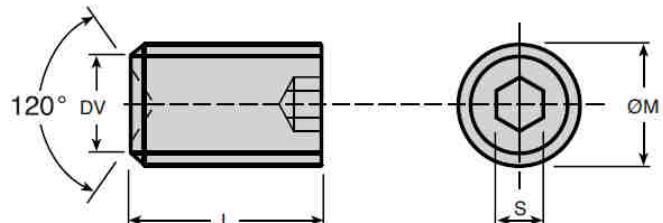
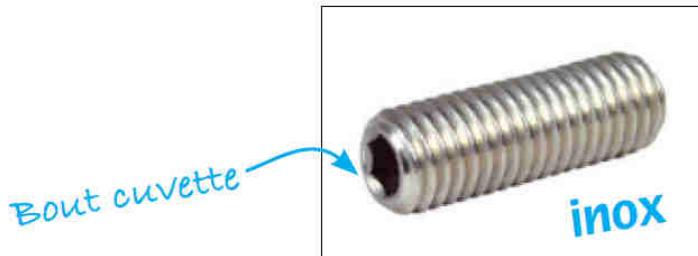
- T° d'utilisation jusqu'à +430°C

- Conditionnées par lot

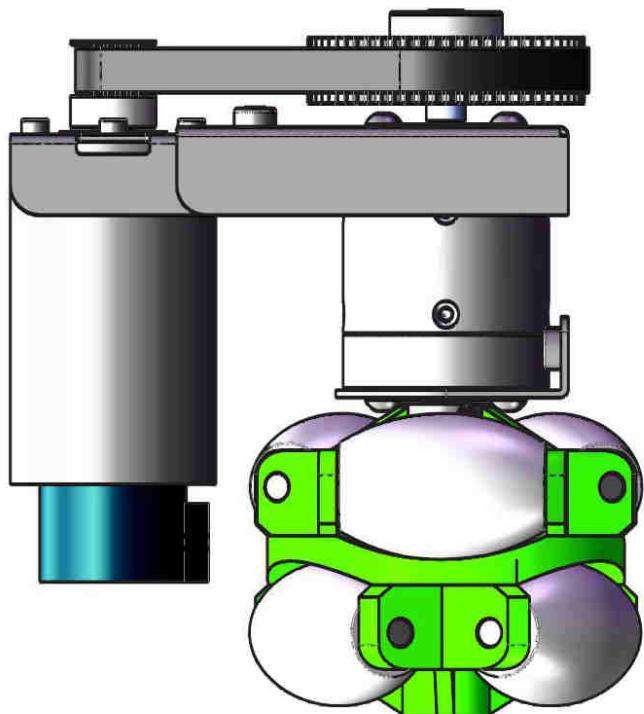
Mémo du dessinateur



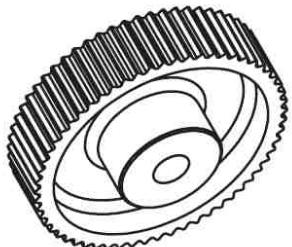
Diamètre d'alésage ou d'arbre de Ø jusqu'à Ø (inclus)	Taille de la vis sans tête
Ø4 - Ø6	M3
Ø6 - Ø8	M3
Ø8 - Ø10	M3
Ø10 - Ø12	M4
Ø12 - Ø17	M5
Ø17 - Ø22	M6
Ø22 - Ø30	M8
Ø30 - Ø44	M10
Ø44 - Ø58	M12



Références	Filetage ØM	Longueur Pas	Longueur L	DV	S
HC2-3/SS/B	M2	0,40	3	1,0	0,9
HC2-4/SS/B	M2	0,40	4	1,0	0,9
HC2-5/SS/B	M2	0,40	5	1,0	0,9
HC2-6/SS/B	M2	0,40	6	1,0	0,9
HC2-10/SS/B	M2	0,40	10	1,0	0,9
HC2.5-5/SS/B	M2,5	0,45	5	1,2	1,3
HC2.5-8/SS/B	M2,5	0,45	8	1,2	1,3
HC2.5-10/SS/B	M2,5	0,45	10	1,2	1,3
HC3-3/SS/B	M3	0,50	3	1,4	1,5
HC3-4/SS/B	M3	0,50	4	1,4	1,5
HC3-5/SS/B	M3	0,50	5	1,4	1,5
HC3-6/SS/B	M3	0,50	6	1,4	1,5
HC3-8/SS/B	M3	0,50	8	1,4	1,5
HC3-10/SS/B	M3	0,50	10	1,4	1,5
HC3-12/SS/B	M3	0,50	12	1,4	1,5
HC3-16/SS/B	M3	0,50	16	1,4	1,5
HC3-20/SS/B	M3	0,50	20	1,4	1,5
HC4-4/SS/B	M4	0,70	4	2,0	2,0
HC4-5/SS/B	M4	0,70	5	2,0	2,0
HC4-6/SS/B	M4	0,70	6	2,0	2,0
HC4-8/SS/B	M4	0,70	8	2,0	2,0
HC4-10/SS/B	M4	0,70	10	2,0	2,0
HC4-12/SS/B	M4	0,70	12	2,0	2,0
HC4-16/SS/B	M4	0,70	16	2,0	2,0
HC4-20/SS/B	M4	0,70	20	2,0	2,0
HC5-5/SS/B	M5	0,80	5	2,5	2,5
HC5-6/SS/B	M5	0,80	6	2,5	2,5
HC5-8/SS/B	M5	0,80	8	2,5	2,5
HC5-10/SS/B	M5	0,80	10	2,5	2,5
HC5-12/SS/B	M5	0,80	12	2,5	2,5
HC5-16/SS/B	M5	0,80	16	2,5	2,5
HC5-20/SS/B	M5	0,80	20	2,5	2,5
HC5-25/SS/B	M5	0,80	25	2,5	2,5
HC5-30/SS/B	M5	0,80	30	2,5	2,5



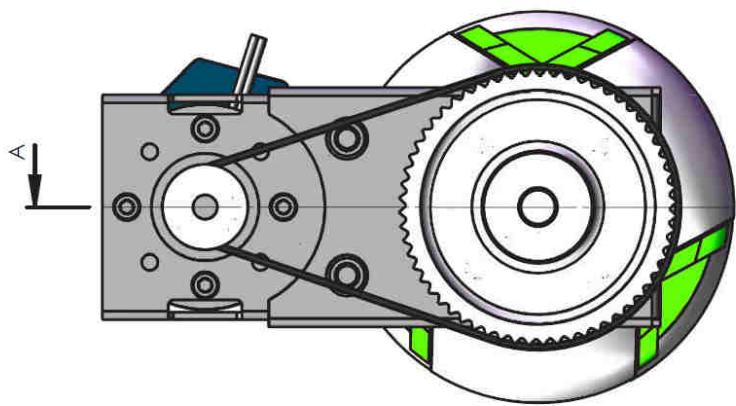
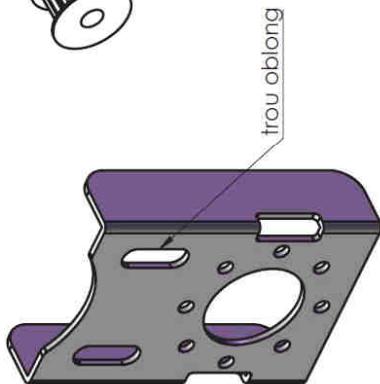
Poulie réceptrice seule



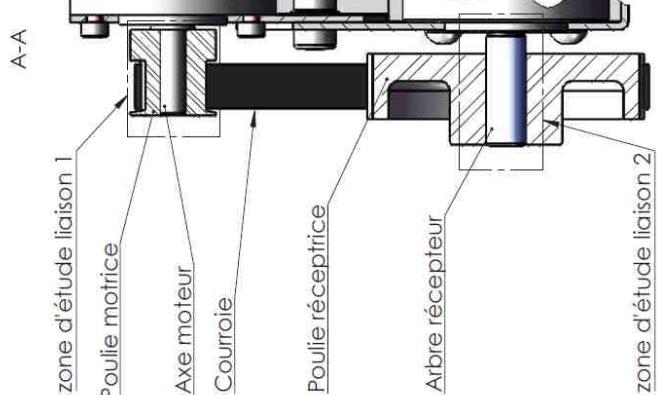
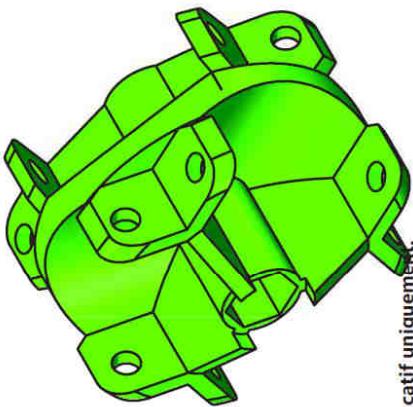
Poulie motrice seule



Support moteur seul



Jante de roue suédoise


zone d'étude liaison 1
Poulie motrice

Axe moteur
Courroie

Poulie réceptrice

Arbre récepteur

zone d'étude liaison 2

Vue en perspective échelle 1:2



Produit d'éducation SOLIDWORKS - A titre éducatif uniquement.

GROUPE MOTO PROPULSEUR
Q
POLYTECH Paris UPMC
A3
Echelle réduite

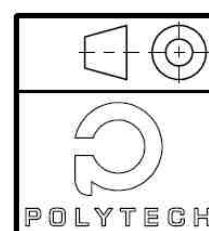
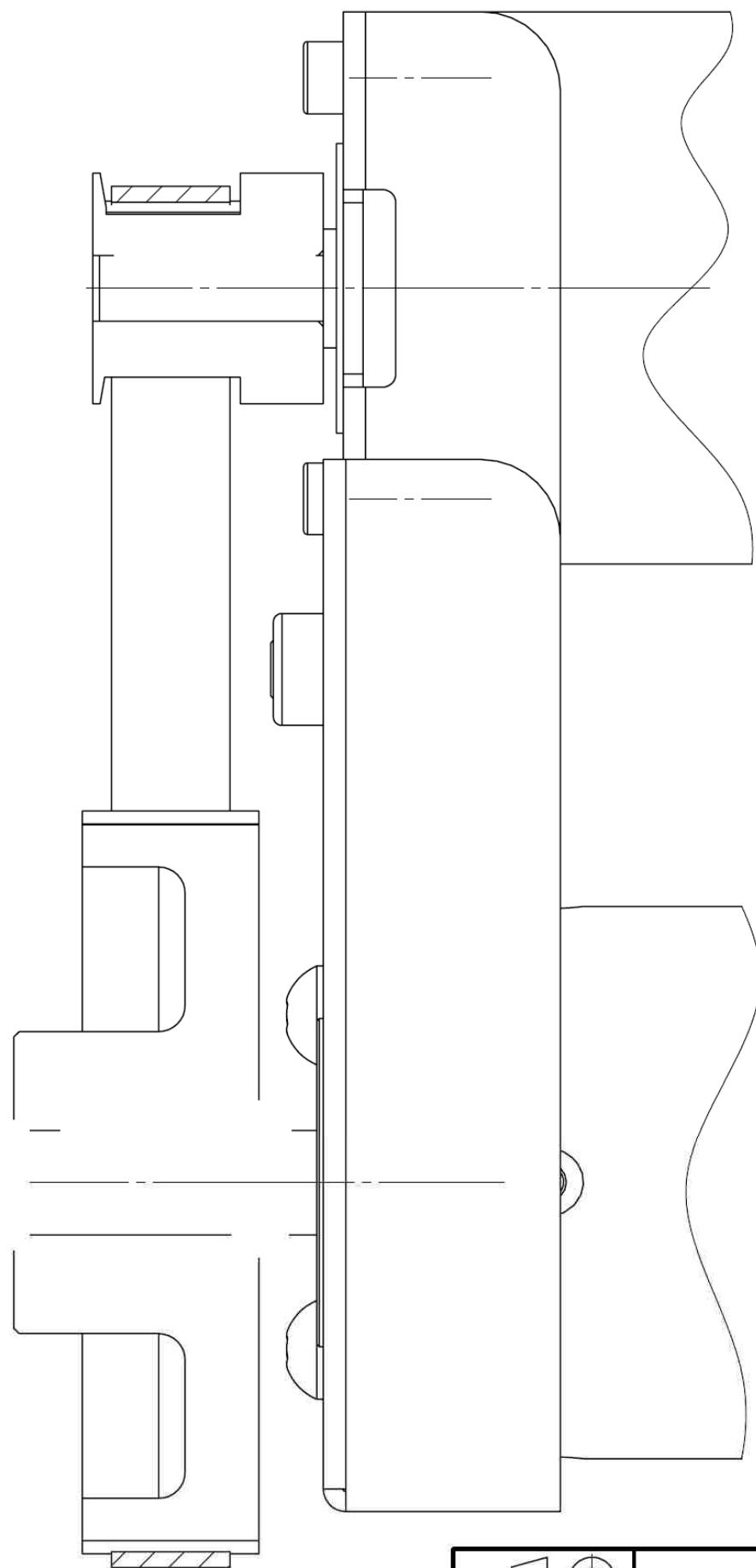
Date :

Nom :

Classe :

N° :

A-A



Conception
Gpe Propulseur

A4

POLYTECH

ECHELLE:2:1

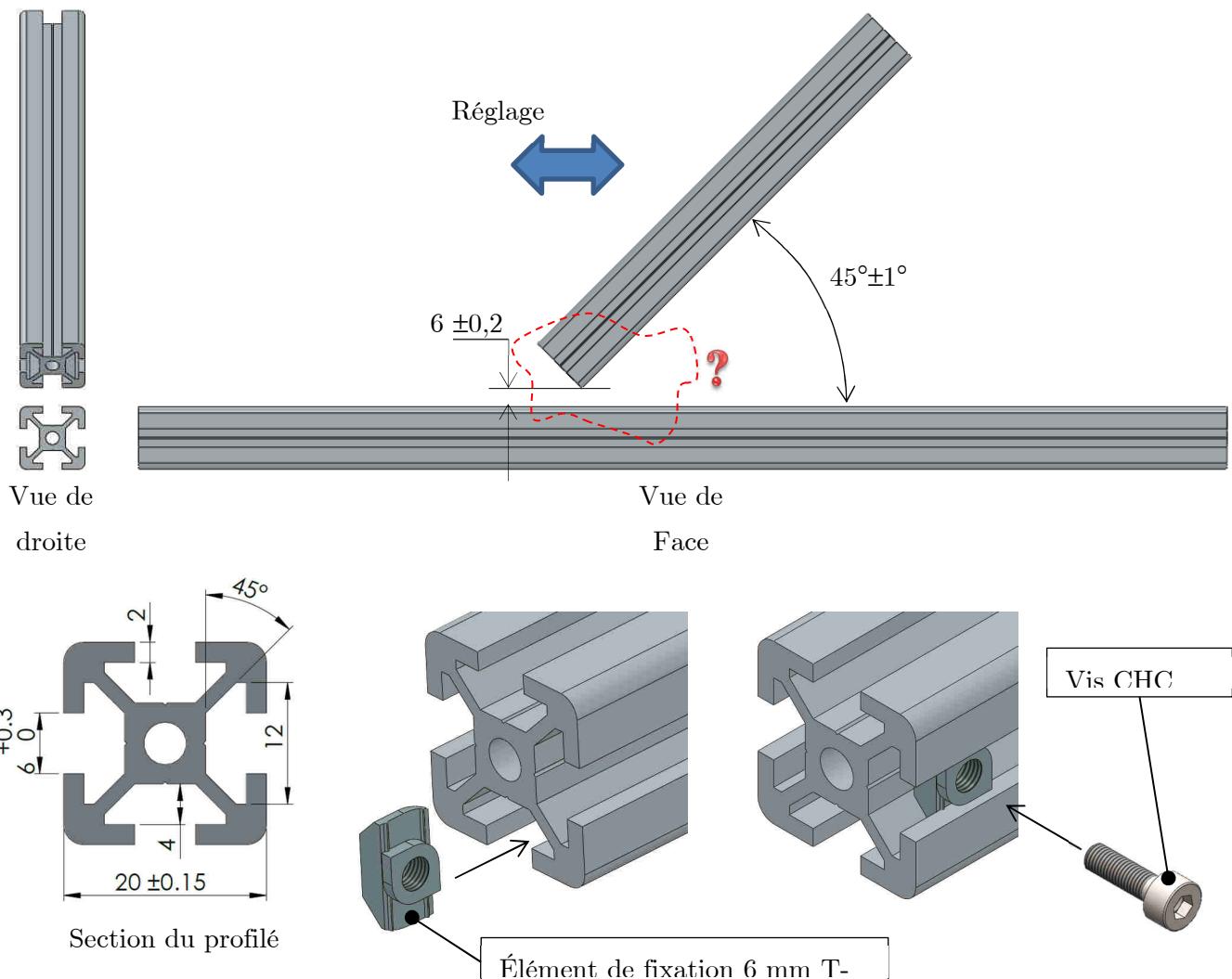
FEUILLE 1 SUR 1

Exercice 3 Solution pour l'orientation d'une structure en profilé

L'étude proposée porte sur la conception d'un système de fixation de deux profilés d'aluminium en vue de réaliser le châssis d'un système robotisé.

Le cahier des charges est simple :

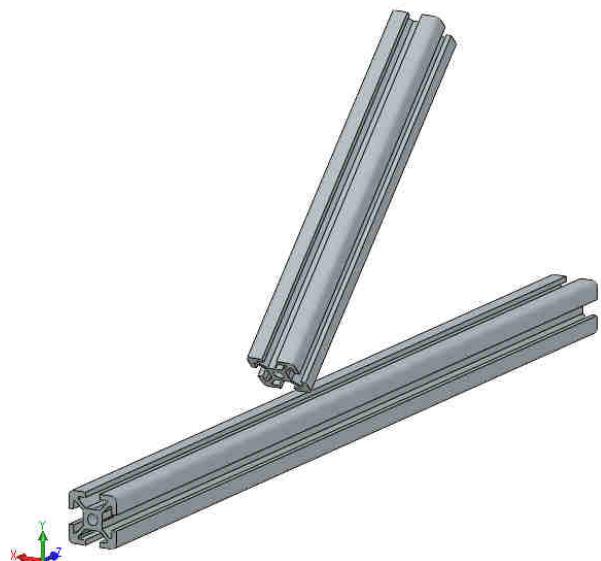
- La pièce sera réalisée à partir d'une plaque d'acier d'1 mm d'épaisseur
- Le petit profilé doit être incliné à $45^\circ \pm 1^\circ$ par rapport au grand
- La distance entre les deux profilés doit être de $6 \pm 0,2$ mm
- Un réglage longitudinal doit être possible. Lorsque la position longitudinale recherchée est atteinte, il doit être possible de verrouiller la position (serrage par vis).



Travail demandé

Objectif général : Concevoir une pièce de fixation des deux profilés, obtenue par découpage/pliage, permettant de respecter le cahier des charges.

1. Rappeler succinctement les principales règles de conception à respecter pour une pièce réalisée en découpage/pliage
2. Décrire et représenter par des croquis à main levée les formes **de la pièce conçue** pour assurer la mise en position et le maintien en position des deux barres de profilé. Vous veillerez à bien décrire les deux systèmes de mise en position : pièce/grand profilé et pièce/petit profilé (liaisons mécaniques élémentaires, liaison globale, etc.) Le maintien en position sera réalisé par des noix de fixation (6 mm T-Nut) et des vis CHC.
3. Dessin de définition



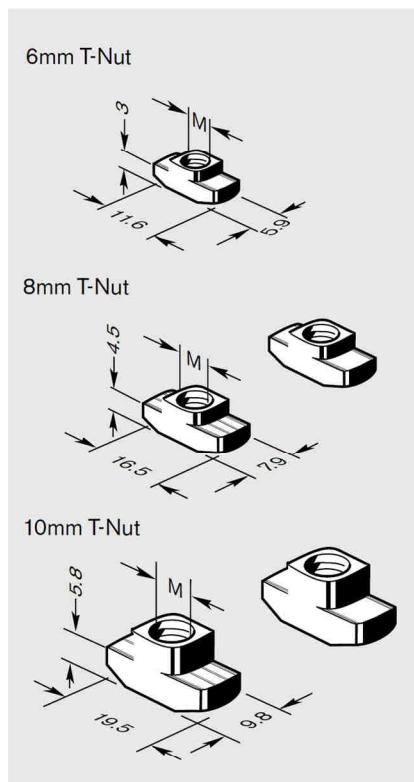
Réaliser le dessin de définition de la pièce reconçue en respectant les consignes suivantes :

- Le dessin sera réalisé à main levée mais respectera les codes du dessin de définition (projctions, coupes repérées si nécessaire, etc.)
 - Une vue représentera la découpe de la pièce avant pliage (si la solution comporte des plis, bien entendu)
 - Les formes participant aux dispositifs de mise en position seront cotées (ajustement glissant juste voire incertain) à l'aide de l'annexe fournie. Calculer et indiquer sous le dessin les jeux mini et maxi des ajustements.
4. Expliquez, sans chercher à faire les calculs, schémas à l'appui, quelle serait la méthode de vérification des écarts sur la cote d'angle de 45° et sur la cote de position de 6 mm (afin de vérifier le respect du cahier des charges).
 5. Représenter à main levée une solution concorrente obtenue par usinage à partir d'une fraiseuse 3 axes. Vous représenterez les contours du brut en pointillés et l'orientation de l'outil de coupe. Pourquoi ce procédé serait-il moins approprié ?

Annexe : fixation sur profilé

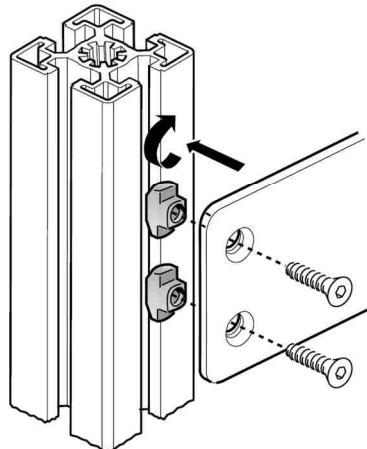
Fasteners

T-Nuts    **ESD** 



Features:

- Installs anywhere along the profile's T-slot and rotates into position
- Ridges "bite" into profile to lock the T-nut into position, and provide ESD protection and resistance to vibration
- Large contact surface improves gripping strength
- Tapered neck simplifies assembly; T-nut is self-aligning in T-slot
- M4 & M5 threads have 2 ridges
- M6 & M8 threads have 4 ridges
- 8-32 & 10-32 have 2 ridges
- 1/4" & 5/16" have 4 ridges

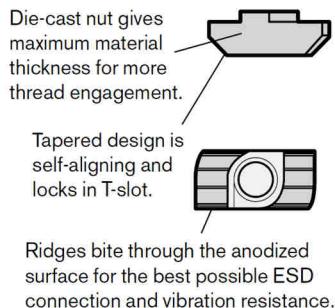


Material:

- Zinc-plated 8.8 steel (except as noted below)

Description	Tightening Torque ($\pm 5\%$)	Lot Size	Part Number	GoTo
6mm T-Nut 				
M4	2.5 Nm	1	3 842 523 135	
8mm T-Nuts 				
M4	2.5 Nm	1	3 842 501 751	
M5	5 Nm	1	3 842 501 752	
M6	10 Nm	1	3 842 501 753	
M6, nickel-plated	10 Nm	1	8 981 020 861	
1/4"x20 U.N.C.	10 Nm	1	8 981 016 124	
8-32 U.N.C.	10 Nm	1	8 981 016 122	
10-32 U.N.F.	10 Nm	1	8 981 016 123	
10mm T-Nuts 				
M4	2.5 Nm	1	3 842 530 281	
M5	5 Nm	1	3 842 530 283	
M6	10 Nm	1	3 842 530 285	
M8	25 Nm	1	3 842 530 287	
M8, nickel-plated	25 Nm	1	8 981 019 580	
1/4"x20 U.N.C.	10 Nm	1	8 981 021 323	
8-32 U.N.C.	10 Nm	1	8 981 021 321	
10-32 U.N.F.	10 Nm	1	8 981 021 322	
5/16"x18 U.N.C.	25 Nm	1	8 981 021 324	

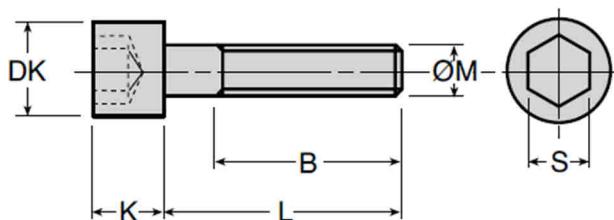
Helpful Hint



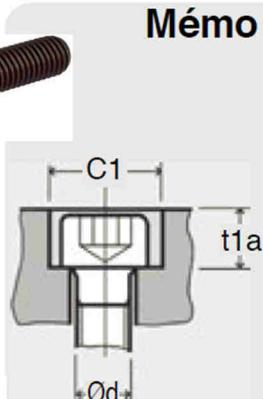
Annexe : vis d'assemblage selon DIN 912

- Selon ISO 4762 et DIN 912

- Visserie Qualité 12.9
- Matière : acier traité 39-44 HRC (trempe à l'huile)
- Résistance à la traction 1220N/mm²
- Limite d'élasticité 1100N/mm²
- Résistance au cisaillement 732N/mm²
- Couple de serrage maxi. :
 - CHC3 = 2 Nm, CHC4 = 4,6 Nm,
 - CHC5 = 9 Nm, CHC6 = 15,7 Nm



Mémo du dessinateur



Diamètre nominal d	Vis à tête cylindrique C1 mini.	t1a mini.	t1b mini.
M1,6	5	1,7	1,2
M2	6	2,1	1,5
M2,5	7	2,7	1,8
M3	8	3,2	2,1
M4	10	4,2	3,0
M5	11	5,3	3,7
M6	13	6,3	4,2
M8	18	8,4	5,3
M10	20	10,5	6,3
M12	22	12,6	7,4

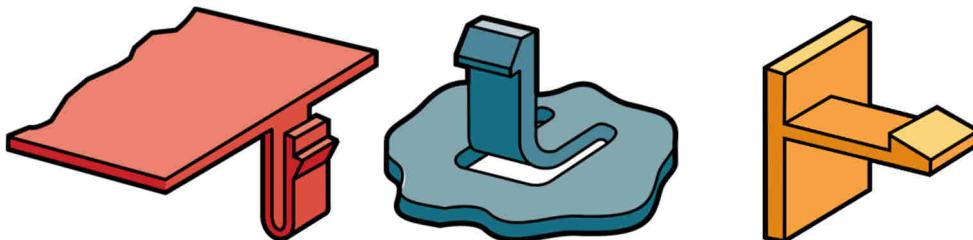
Références	Filetage ØM	Longueur totale L	Pas	B	DK	K	S
CHC1.6-4/B	M1,6	4	0,35	4	3,00	1,60	1,50
CHC1.6-6/B	M1,6	6	0,35	6	3,00	1,60	1,50
CHC2-4/B	M2	4	0,40	4	3,80	2,00	1,50
CHC2-5/B	M2	5	0,40	5	3,80	2,00	1,50
CHC2-6/B	M2	6	0,40	6	3,80	2,00	1,50
CHC2-8/B	M2	8	0,40	8	3,80	2,00	1,50
CHC2-10/B	M2	10	0,40	10	3,80	2,00	1,50
CHC2-12/B	M2	12	0,40	12	3,80	2,00	1,50
CHC2.5-5/B	M2,5	5	0,45	5	4,50	2,50	2,00
CHC2.5-6/B	M2,5	6	0,45	6	4,50	2,50	2,00
CHC2.5-8/B	M2,5	8	0,45	8	4,50	2,50	2,00
CHC2.5-10/B	M2,5	10	0,45	10	4,50	2,50	2,00
CHC2.5-12/B	M2,5	12	0,45	12	4,50	2,50	2,00
CHC3-6/B	M3	6	0,50	6	5,68	3,00	2,50
CHC3-8/B	M3	8	0,50	8	5,68	3,00	2,50
CHC3-10/B	M3	10	0,50	10	5,68	3,00	2,50
CHC3-12/B	M3	12	0,50	12	5,68	3,00	2,50
CHC3-16/B	M3	16	0,50	16	5,68	3,00	2,50
CHC3-20/B	M3	20	0,50	20	5,68	3,00	2,50
CHC3-25/B	M3	25	0,50	25	5,68	3,00	2,50
CHC3-30/B	M3	30	0,50	30	5,68	3,00	2,50
CHC3-35/B	M3	35	0,50	35	5,68	3,00	2,50
CHC4-6/B	M4	6	0,70	6	7,22	4	3
CHC4-8/B	M4	8	0,70	8	7,22	4	3
CHC4-10/B	M4	10	0,70	10	7,22	4	3
CHC4-12/B	M4	12	0,70	12	7,22	4	3
CHC4-14/B	M4	14	0,70	14	7,22	4	3
CHC4-16/B	M4	16	0,70	16	7,22	4	3
CHC4-20/B	M4	20	0,70	20	7,22	4	3
CHC4-25/B	M4	25	0,70	25	7,22	4	3
CHC4-30/B	M4	30	0,70	20	7,22	4	3
CHC4-35/B	M4	35	0,70	20	7,22	4	3
CHC4-40/B	M4	40	0,70	20	7,22	4	3
CHC4-45/B	M4	45	0,70	20	7,22	4	3
CHC4-50/B	M4	50	0,70	20	7,22	4	3

Annexe maintien en position par clipsage

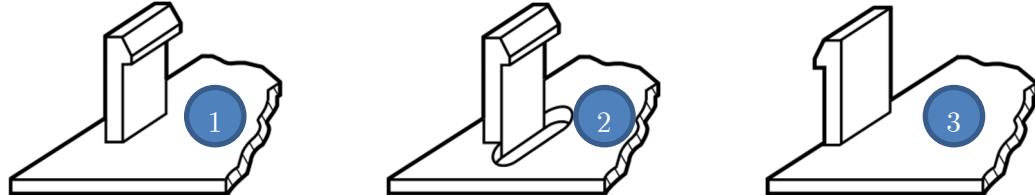
Les solutions de maintien en position par clipsage sont très courantes sur des pièces d'injection plastique car elles constituent un procédé d'assemblage peu onéreux, efficace et automatisable.



Il existe une grande variété de forme répondant à des fonctionnalités différentes.



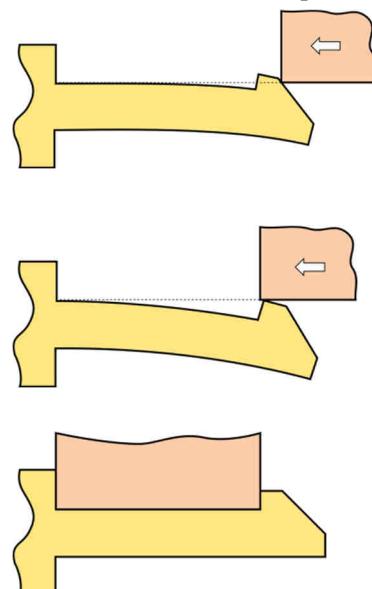
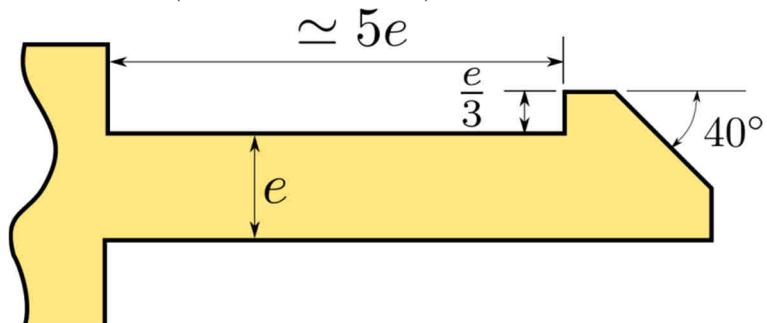
Pour le maintien de pièces prismatiques, on fait souvent appel à des formes simples :



Les trois exemples précédents se différencient par le fait que :

- La solution 1 nécessite un moule à tiroir (donc plus complexe et plus onéreux)
- La solution 2 ne nécessite pas de tiroir (un noyau dans une des partie du moule permet d'obtenir une forme éjectable)
- La solution 3 ne nécessite pas de tiroir, ni de noyau mais les formes du moule sont plus complexes.

Proportions (ordres de grandeur) :



Annexe : Choix des ajustements

CHOIX DE LA LETTRE :

Mouvement et transmission de l'effort	Caractère de la liaison	Montage	Système à alésage normal	Système à arbre normal	Jeu
Mouvement possible	Ajustement libre le guidage est très peu précis.	à la main	H - e	E - h	important
	Guidage en rotation	à la main	H - f	F - h	petit
	Guidage en translation	à la main	H - g	G - h	petit
Pas de Mouvement pas d'effort	Positionnement précis démontable	à la main	H - h	H - h	très petit
	Positionnement précis démontable	au maillet	H - js	Js - h	Incertain jeu ou serrage
	Positionnement très précis démontable 4 à 5 fois	au maillet	H - k H - m	K - h M - h	
Pas de Mouvement effort modéré	Positionnement très précis et définitif. Le démontage est possible avec détériorations des surfaces.	À la presse hydraulique ou à vis	H - n	N - h	incertain
			H - p	P - h	Serrage environ 0,02 mm
Pas de Mouvement effort important	Ajustement dit « fretté » l'arbre est refroidi dans l'azote liquide (-195°), l'alésage est chauffé dans un bain d'huile (+200°)		H - s	S - h	serrage de plus de 0,04 mm

CHOIX DU DEGRE DE TOLERANCE :

Le chiffre représente l'intervalle de tolérance, donc la classe de précision de l'ajustement.

En principe l'arbre et l'alésage doivent être de la même qualité :

$\varnothing 30 H 7 - f 7$

Toutefois 1 point de moins peut être accepté pour l'arbre car il est plus facile de faire un arbre précis qu'un alésage :

$\varnothing 30 H 7 - f 6$

01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Appareils de mesure				Qualité mécanique courante				Mécanique grossière pour des liaisons sans précision ou sans mouvements ou pour des surfaces non fonctionnelles.									
Pour des fonctions mécaniques très spécifiques. Matériels de laboratoire ou médicaux, optique de précision.			Mécanique très précise			Mécanique peu précise, mouvements lents ou de faible amplitude ou peu fréquents.											

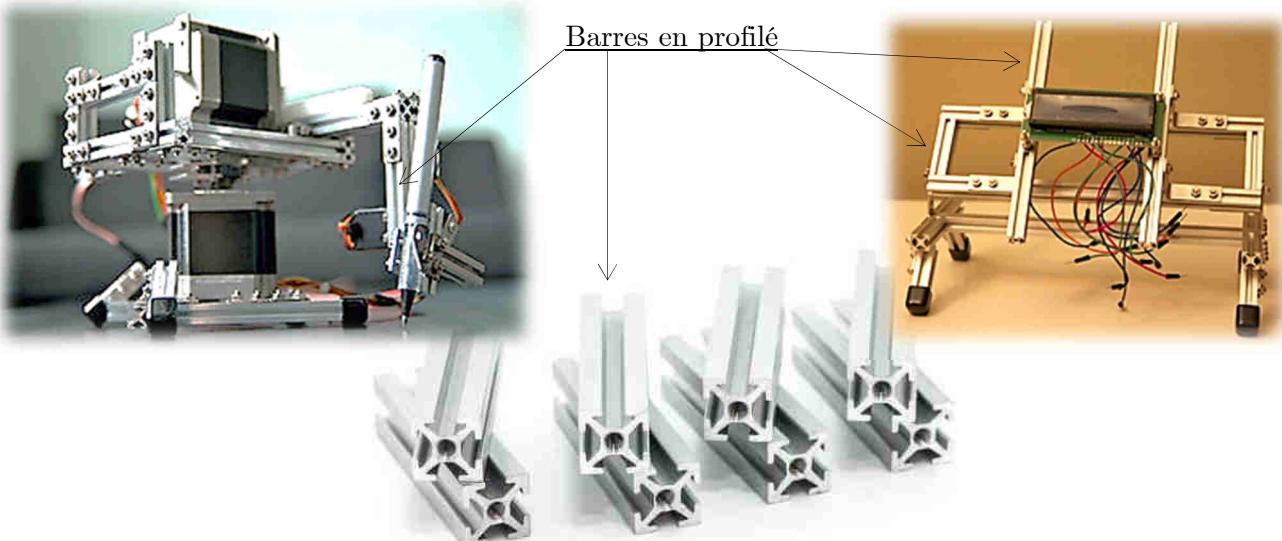
Ce tableau est donné à titre indicatif. La précision doit être réalisée à bon escient et pour la déterminer, il faut faire des calculs, et, pour la grande série, des essais sur des prototypes.

Alésages	Jusqu'à 3 inclus	de 3 à 6 inclus	de 6 à 10 inclus	de 10 à 18 inclus	de 18 à 30 inclus	de 30 à 50 inclus	de 50 à 80 inclus	de 80 à 120 inclus	de 120 à 180 inclus	de 180 à 250 inclus	de 250 à 315 inclus	de 315 à 400 inclus	de 400 à 500 inclus
D 10	+ 60	+ 78	+ 98	+ 120	+ 149	+ 180	+ 220	+ 260	+ 305	+ 355	+ 400	+ 440	+ 480
	+ 20	+ 30	+ 40	+ 50	+ 65	+ 80	+ 100	+ 120	+ 145	+ 170	+ 190	+ 210	+ 230
F 7	+ 16	+ 22	+ 28	+ 34	+ 41	+ 50	+ 60	+ 71	+ 83	+ 96	+ 108	+ 119	+ 121
	+ 6	+ 10	+ 13	+ 16	+ 20	+ 25	+ 30	+ 36	+ 43	+ 50	+ 56	+ 62	+ 68
G 6	+ 8	+ 12	+ 14	+ 17	+ 20	+ 25	+ 29	+ 34	+ 39	+ 44	+ 49	+ 54	+ 60
	+ 2	+ 4	+ 5	+ 6	+ 7	+ 9	+ 10	+ 12	+ 14	+ 15	+ 17	+ 18	+ 20
H 6	+ 6	+ 8	+ 9	+ 11	+ 13	+ 16	+ 19	+ 22	+ 25	+ 29	+ 32	+ 36	+ 40
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 7	+ 10	+ 12	+ 15	+ 18	+ 21	+ 25	+ 30	+ 35	+ 40	+ 46	+ 52	+ 57	+ 63
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 8	+ 14	+ 18	+ 22	+ 27	+ 33	+ 39	+ 46	+ 54	+ 63	+ 72	+ 81	+ 89	+ 97
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 9	+ 25	+ 30	+ 36	+ 43	+ 52	+ 62	+ 74	+ 87	+ 100	+ 115	+ 130	+ 140	+ 155
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 10	+ 40	+ 48	+ 58	+ 70	+ 84	+ 100	+ 120	+ 140	+ 160	+ 185	+ 210	+ 230	+ 250
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 11	+ 60	+ 75	+ 90	+ 110	+ 130	+ 160	+ 190	+ 210	+ 250	+ 290	+ 320	+ 360	+ 400
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 12	+ 100	+ 120	+ 150	+ 180	+ 210	+ 250	+ 300	+ 350	+ 400	+ 460	+ 520	+ 570	+ 630
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 13	+ 140	+ 180	+ 220	+ 270	+ 330	+ 390	+ 460	+ 540	+ 630	+ 720	+ 810	+ 890	+ 970
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J 7	+ 4	+ 6	+ 8	+ 10	+ 12	+ 14	+ 18	+ 22	+ 26	+ 30	+ 36	+ 39	+ 43
	- 6	- 6	- 7	- 8	- 9	- 11	- 12	- 13	- 14	- 16	- 16	- 18	- 20
K 6	0	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 3	+ 4	+ 4	+ 4	+ 5	+ 5	+ 7	+ 8
	- 6	- 6	- 7	- 9	- 11	- 13	- 15	- 18	- 21	- 24	- 27	- 29	- 32
K 7	0	+ 3	+ 5	+ 6	+ 6	+ 7	+ 9	+ 10	+ 12	+ 13	+ 16	+ 17	+ 18
	- 10	- 9	- 10	- 12	- 15	- 18	- 21	- 25	- 28	- 33	- 36	- 40	- 45
M 7	- 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	- 12	- 12	- 15	- 18	- 21	- 25	- 30	- 35	- 40	- 46	- 52	- 57	- 63
N 7	- 4	- 4	- 4	- 5	- 7	- 8	- 9	- 10	- 12	- 14	- 14	- 16	- 17
	- 14	- 16	- 19	- 23	- 28	- 33	- 39	- 45	- 52	- 60	- 66	- 73	- 80
N 9	- 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	- 29	- 30	- 36	- 43	- 52	- 62	- 74	- 87	- 100	- 115	- 130	- 140	- 155
P 6	- 6	- 9	- 12	- 15	- 18	- 21	- 26	- 30	- 36	- 41	- 47	- 51	- 55
	- 12	- 17	- 21	- 26	- 31	- 37	- 45	- 52	- 61	- 70	- 79	- 87	- 95
P 7	- 6	- 8	- 9	- 11	- 14	- 17	- 21	- 24	- 28	- 33	- 36	- 41	- 45
	- 16	- 20	- 24	- 29	- 35	- 42	- 51	- 59	- 68	- 79	- 88	- 98	- 108
P 9	- 9	- 12	- 15	- 18	- 22	- 26	- 32	- 37	- 43	- 50	- 56	- 62	- 68
	- 31	- 42	- 51	- 61	- 74	- 88	- 106	- 124	- 143	- 165	- 186	- 202	- 223

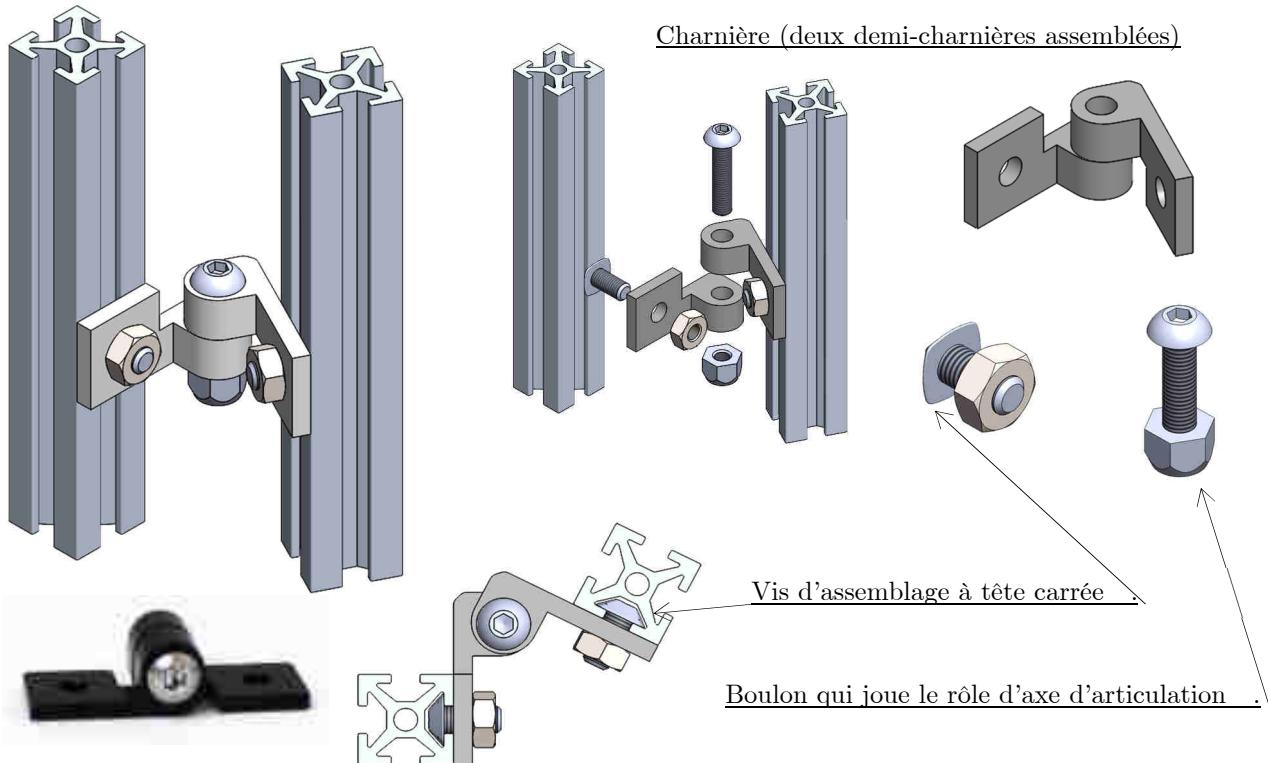
Arbres	Jusqu'à 3 inclus	de 3 à 6 inclus	de 6 à 10 inclus	de 10 à 18 inclus	de 18 à 30 inclus	de 30 à 50 inclus	de 50 à 80 inclus	de 80 à 120 inclus	de 120 à 180 inclus	de 180 à 250 inclus	de 250 à 315 inclus	de 315 à 400 inclus	de 400 à 500 inclus
a 11	- 270 - 330	- 270 - 345	- 280 - 370	- 290 - 400	- 300 - 430	- 320 - 470	- 360 - 530	- 410 - 600	- 580 - 710	- 820 - 950	- 1050 - 1240	- 1350 - 1560	- 1650 - 1900
c 11	- 60 - 120	- 70 - 145	- 80 - 170	- 95 - 205	- 110 - 240	- 130 - 280	- 150 - 330	- 180 - 390	- 230 - 450	- 280 - 530	- 330 - 620	- 400 - 720	- 480 - 840
d 9	- 20 - 45	- 30 - 60	- 40 - 75	- 50 - 93	- 65 - 117	- 80 - 142	- 100 - 174	- 120 - 207	- 145 - 245	- 170 - 285	- 190 - 320	- 210 - 350	- 230 - 385
d 10	- 20 - 60	- 30 - 78	- 40 - 98	- 50 - 120	- 65 - 149	- 80 - 180	- 100 - 220	- 120 - 250	- 145 - 305	- 170 - 355	- 190 - 400	- 210 - 440	- 230 - 480
d 11	- 20 - 80	- 30 - 105	- 40 - 130	- 50 - 160	- 65 - 195	- 80 - 240	- 100 - 290	- 120 - 340	- 145 - 395	- 170 - 460	- 190 - 510	- 210 - 570	- 230 - 630
e 7	- 14 - 24	- 20 - 32	- 25 - 40	- 32 - 50	- 40 - 61	- 50 - 75	- 60 - 90	- 72 - 107	- 85 - 125	- 100 - 146	- 110 - 162	- 125 - 182	- 135 - 198
e 8	- 14 - 28	- 20 - 38	- 25 - 47	- 32 - 59	- 40 - 73	- 50 - 89	- 60 - 106	- 72 - 126	- 85 - 148	- 100 - 172	- 110 - 191	- 125 - 214	- 135 - 232
e 9	- 14 - 39	- 20 - 50	- 25 - 61	- 32 - 75	- 40 - 92	- 50 - 112	- 60 - 134	- 72 - 159	- 85 - 185	- 100 - 215	- 110 - 240	- 125 - 265	- 135 - 290
f 6	- 6 - 12	- 10 - 18	- 13 - 22	- 16 - 27	- 20 - 33	- 25 - 41	- 30 - 49	- 36 - 58	- 43 - 68	- 50 - 79	- 56 - 88	- 62 - 98	- 68 - 108
f 7	- 6 - 16	- 10 - 22	- 13 - 28	- 16 - 34	- 20 - 41	- 25 - 50	- 30 - 60	- 36 - 71	- 43 - 83	- 50 - 96	- 56 - 106	- 62 - 119	- 68 - 131
f 8	- 6 - 20	- 10 - 28	- 13 - 35	- 16 - 43	- 20 - 53	- 25 - 64	- 30 - 76	- 36 - 90	- 43 - 106	- 50 - 122	- 56 - 137	- 62 - 151	- 68 - 165
g 5	- 2 - 6	- 4 - 9	- 5 - 11	- 6 - 14	- 7 - 16	- 9 - 20	- 10 - 23	- 12 - 27	- 14 - 32	- 15 - 35	- 17 - 40	- 18 - 43	- 20 - 47
g 6	- 2 - 8	- 4 - 12	- 5 - 14	- 6 - 17	- 7 - 20	- 9 - 25	- 10 - 29	- 12 - 34	- 14 - 39	- 15 - 44	- 17 - 49	- 18 - 54	- 20 - 60
g 7	- 2 - 12	- 4 - 16	- 5 - 20	- 6 - 24	- 7 - 28	- 9 - 34	- 10 - 40	- 12 - 47	- 14 - 54	- 15 - 61	- 17 - 69	- 18 - 75	- 20 - 83
g 8	- 2 - 16	- 4 - 22	- 5 - 27	- 6 - 33	- 7 - 40	- 9 - 48	- 10 - 56	- 12 - 66	- 14 - 74	- 15 - 87	- 17 - 98	- 18 - 107	- 20 - 117
h 5	0 - 4	0 - 5	0 - 6	0 - 8	0 - 9	0 - 11	0 - 13	0 - 15	0 - 18	0 - 20	0 - 23	0 - 25	0 - 27
h 6	0 - 6	0 - 8	0 - 9	0 - 11	0 - 13	0 - 16	0 - 19	0 - 22	0 - 25	0 - 29	0 - 32	0 - 36	0 - 40
h 7	0 - 10	0 - 12	0 - 15	0 - 18	0 - 21	0 - 25	0 - 30	0 - 35	0 - 40	0 - 46	0 - 52	0 - 57	0 - 63
h 8	0 - 14	0 - 18	0 - 22	0 - 27	- 33	- 39	- 46	- 54	- 63	- 72	- 81	- 89	- 97

Exercice 4 Reconception d'une charnière

La société MakerBeam fabrique et commercialise des éléments de construction basés sur des barres en profilé d'aluminium (de section 10x10 mm) permettant d'assembler des structures modulaires dont voici quelques exemples :



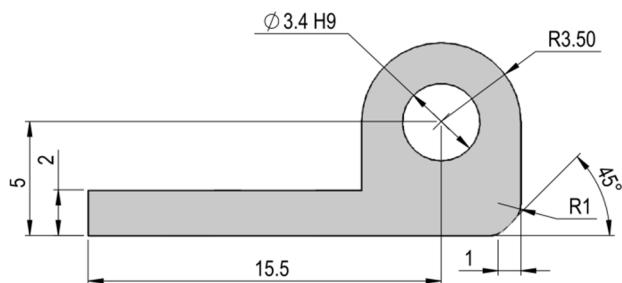
Afin de réaliser des systèmes articulés, MakerBeam propose des charnières adaptées au profilé standard 10x10 :



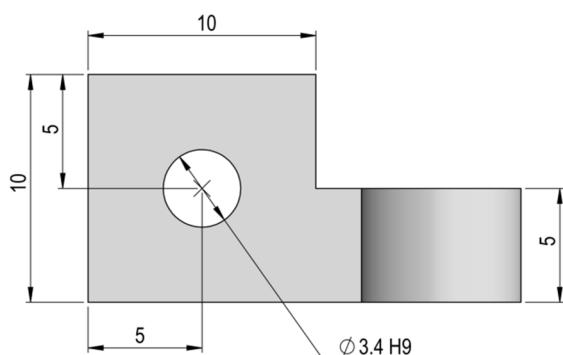
La solution technique existante est constituée :

- De deux demi-charnières identiques
- D'un boulon qui assure l'articulation des deux demi-charnières
- De deux boulons d'assemblage avec une vis à tête carrée venant se glisser dans le profil des barres

Voici un extrait du dessin de définition d'une demi-charnière :



Tolérances générales : ISO 2768 – mK



Les commentaires des acheteurs mettent en évidence deux défauts :

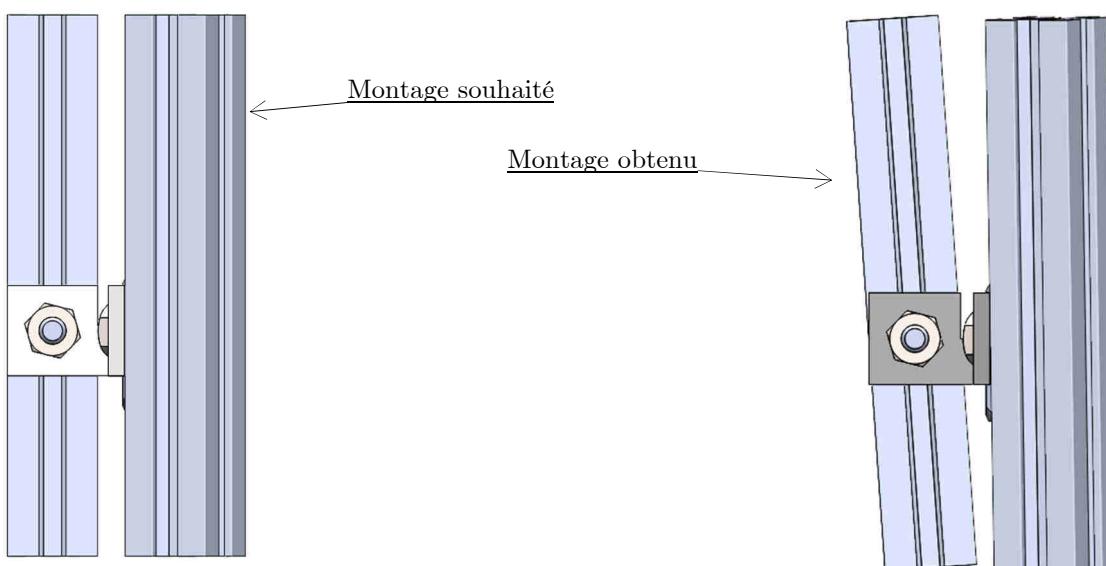
- Défaut 1 : Il n'est pas facile de positionner précisément la charnière par rapport aux barres de profilé
- Défaut 2 : À force d'utilisation, l'articulation présente un frottement excessif qui nuit au bon fonctionnement

Analyse de l'existant

1. **Expliquer** succinctement l'intérêt de réaliser une charnière à partir de deux pièces identiques
2. **Proposer** une analyse du défaut 2 en formulant des hypothèses (vous pourrez enrichir vos explications de croquis).

Reconception

Pour mieux comprendre le défaut 1, voici une illustration de l'erreur de positionnement possible de la charnière :

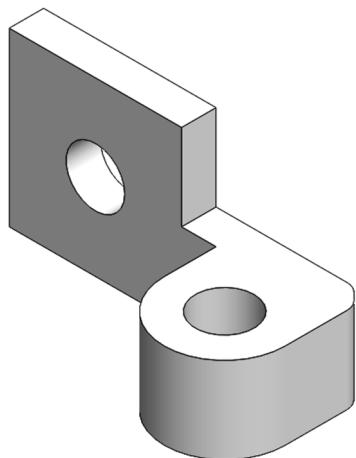


3. **Modifier** les formes des demi-charnières pour corriger l'erreur de positionnement du montage. Pour cela :

- **Analyser** le dispositif de MIP actuel
- **Proposer** un nouveau dispositif de MIP (représenter les associations de liaisons élémentaires)
- **Représenter** à main levée la demi-charnière reconçue (la MAP est inchangée)

L'actuelle demi-charnière est réalisée en injection plastique.

4. **Expliquer**, croquis à l'appui, pourquoi les formes de la pièce ne sont pas tout à fait optimisées vis-à-vis de ce procédé. Vous veillerez à **justifier vos explications** en vous appuyant sur un vocabulaire technique choisi et des règles de conception énoncées clairement.



On souhaite optimiser les coûts de production de la demi-charnière et pour cela, utiliser un moule d'injection plastique bon marché, c'est-à-dire sans tiroir notamment.

5. **Représenter** les nouvelles formes de la demi-charnière. Vous préciserez l'orientation de la pièce dans le moule en désignant le bloc fixe et le bloc mobile.

Reconception de l'axe de la charnière

6. On s'intéresse maintenant à la résolution du défaut 1. Hormis le maintien d'un axe métallique, toute solution technologique est envisageable. Il s'agit de trouver ici une solution permettant **d'assurer la présence d'un jeu de fonctionnement radial et axial, représenter et coter** cette solution. Vous pourrez (sans obligation) consulter le mini catalogue de solutions ainsi que le tableau des ajustements fournis en annexe.

Mini-catalogue de solutions (1/2)

Goupilles épingle

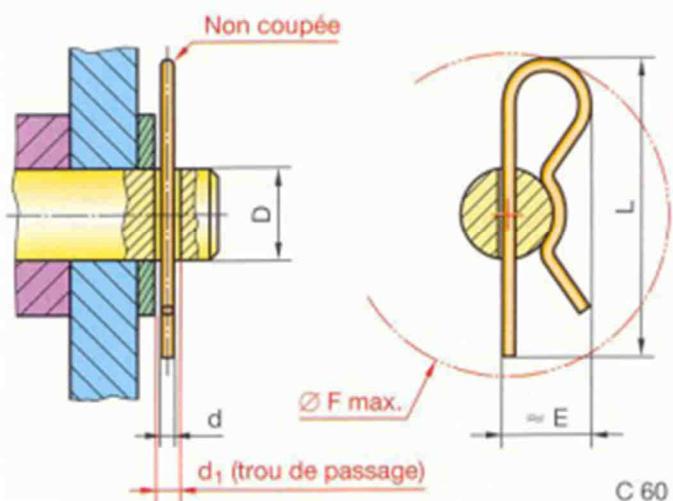
Ces goupilles sont particulièrement recommandées pour des liaisons peu précises devant être fréquemment montées et démontées sans outillage spécifique. Elles sont réutilisables après démontage.

d	d ₁	D	E	F	L	d	d ₁	D	E	F	L
0,9	1,1	4-6	6	25	22	2,7	3	11-18	20	78	70
1,2	1,4	5-8	9,5	35	31,5	3	3,4	12-20	21,5	84	76
1,5	1,7	6-10	10,5	42	37	3,5	4	13-22	24	96	84
1,8	2	7-12	12	48	46	4	4,5	15-25	27,5	110	96
2	2,2	9-14	15	62	53	4,5	5	18-30	32	124	115
2,4	2,6	10-16	17	70	60	-	-	-	-	-	-

EXEMPLE DE DÉSIGNATION :
Goupille épingle – type 4000 – D × L.**

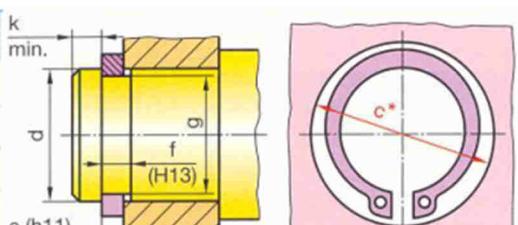
Goupilles épingle***

Type 4000



Anneaux élastiques (montage)

d	e	c	f	g	Tol. g	k	Fa*
3	0,4	6,8	0,5	2,8	0 – 0,04	0,3	0,47
4	0,4	8,4	0,5	3,8	0	0,3	0,60
5	0,6	10,7	0,7	4,8	- 0,048	0,3	1
6	0,7	12,2	0,8	5,7		0,45	1,45
7	0,8	13,2	0,9	6,7	0	0,45	2,6
8	0,8	15,2	0,9	7,6	- 0,058	0,6	3
9	1	15,4	1,1	8,6		0,6	3,5
10	1	17,6	1,1	9,6		0,6	4
12	1	19,6	1,1	11,5		0,75	5



* c : espace libre nécessaire au montage.



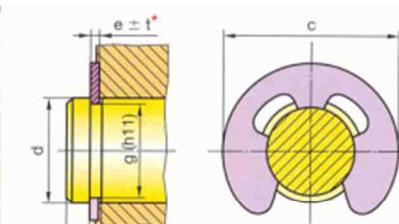
C 60 phosphaté



Cuivre au beryllium

Anneaux élastiques (montage)

d nominal	Plage d'utilisation	e	c	f	g	k	Fa**
1	1 à 1,4	0,2	2	0,24	0,8	0,4	8
1,4	1,4 à 2	0,3	3	0,34	1,2	0,6	12
2	2 à 2,5	0,4	4	0,44	1,5	0,8	22
2,5	2,5 à 3	0,5	4,5	0,54	1,9	1	35
3	3 à 4	0,6	6	0,64	2,3	1	50
4	4 à 5	0,6	7	0,64	3,2	1	65



* d ≤ 8 t = 0,02
d ≥ 9 t = 0,03



C 60 phosphaté



Cuivre au beryllium

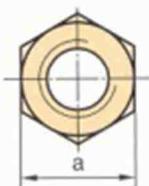
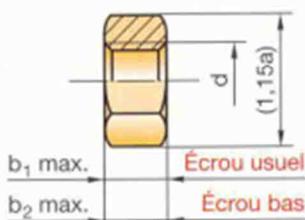
Mini-catalogue de solutions (2/2)

Écrous, contre-écrous

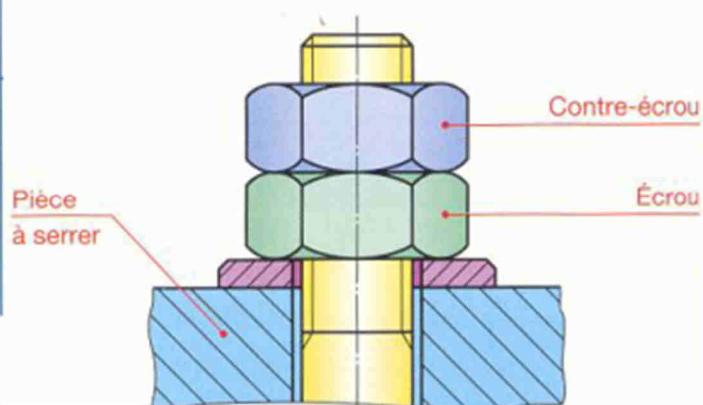
d	a	b ₁	b ₂	e	f	g	i	j	k	R	u
M1,6	3,2	1,3	1	-	-	-	-	-	-	-	-
M2	4	1,6	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-
M2,5	5	2	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-
M3	5,5	2,4	1,8	2,4	5,1	-	-	-	-	-	-
M4	7	3,2	2,2	3,2	6,7	-	-	-	-	-	-
M5	8	4,7	2,7	4	8	11,8	5	15	9,25	7	2,5
M6	10	5,2	3,2	5	10	14,2	8	17	11	14	4
M8	13	6,8	4	6,5	13	17,9	11	23	24,5	14	5
M10	16	8,4	5	8	16,5	21,8	13	28	18,5	22	5
M12	18	10,8	6	10	19,5	26	15	35	20	22	6

Écrous hexagonaux

Écrous bas hexagonaux



Freinage par contre-écrou



NF EN ISO 4032

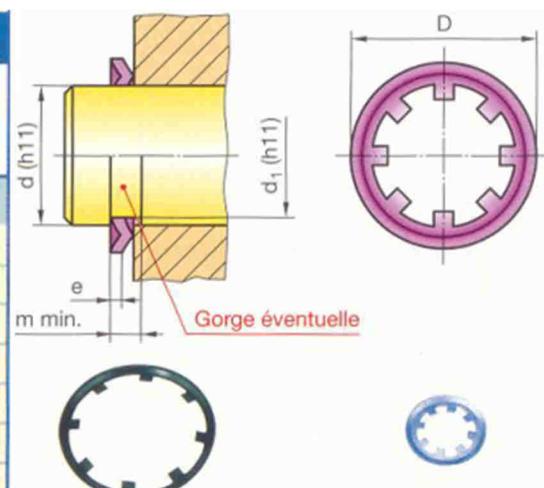
NF EN ISO 4035

Anneaux self-locking

Anneaux « Self Locking » pour arbres « Type 876 »

- Faible encombrement.
- La gorge rend le démontage quasi impossible.

d	D	e	d ₁	m	Fa*	d	D	e	d ₁	m	Fa*
2	6,5	0,25	1,8	0,5	15	15	23	0,4	14,7	0,8	60
3	9,1	0,25	2,76	0,5	20	16	24,5	0,4	15,7	0,8	70
4	10,1	0,25	3,76	0,5	20	17	26	0,4	16,7	0,8	80
5	11,5	0,25	4,76	0,5	20	18	27	0,4	17,7	0,8	80
6	12	0,4	5,86	0,8	20	20	29	0,5	19,7	0,8	90
8	14,8	0,4	7,82	0,8	20	22	31	0,5	21,7	0,8	90
10	17,2	0,4	9,8	0,8	35	25	34	0,5	24,7	0,8	100
12	18	0,4	11,8	0,8	35	28	37	0,5	27,7	0,8	100
14	20,5	0,4	13,75	0,8	45	30	40	0,5	29,7	0,8	100



EXEMPLE DE DÉSIGNATION :
Anneau Self Locking, type 876, d, Nomel

Annexe : tolérances générales

GÉNÉRALITÉS

En construction mécanique, les tolérances générales sont utilisées pour :

- éviter d'écrire un nombre trop important d'indications sur le dessin,
- avoir une pièce entièrement tolérancée.

La norme ISO 2768 invite à préciser

- la classe de précision pour les dimensions (f, m, c ou v) \Rightarrow fine, medium, coarse, very coarse
- la classe de précision pour les tolérances géométriques (H, K ou L)

SOURCE: http://fr.wikipedia.org/wiki/Tolerances_generales

Tolérances générales ISO 2768

Usinage mm

Classe de précision	Dimension linéaire					Angle cassé (chanfrein ou rayon)			Dimension angulaire (côté le plus court)			
	>0,5 à 3 inclus	>3 à 6	>6 à 30	>30 à 120	>120 à 400	>0,5 à 3 inclus	>3 à 6	>6	≤10	>10 à 50 inclus	>50 à 120	>120 à 400
f (fin)	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,2	± 0,5	± 1	± 1°	± 30'	± 20'	± 10'
m (moyen)	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,2	± 0,5	± 1	± 1°	± 30'	± 20'	± 10'
c (large)	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 0,4	± 1	± 2	± 1°30'	± 1°	± 30'	± 15'
v (très large)	—	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 0,4	± 1	± 2	± 3°	± 2°	± 1°	± 30'

Tolérances géométriques mm

Classe de précision	Rectitude (—) - Planéité (□)					Perpendicularité (⊥)			Symétrie (≡)			Battement (↑ ↓)
	≤10	>10 à 30 inclus	>30 à 100	>100 à 300	>300 à 1000	≤100	>100 à 300	>300 à 1000	≤100	>100 à 300	>300 à 1000	—
H (fin)	0,02	0,06	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,1
K (moyen)	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,4	0,6	0,8	0,6	0,6	0,8	0,2
L (large)	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	0,6	1	1,5	0,6	1	1,5	0,5