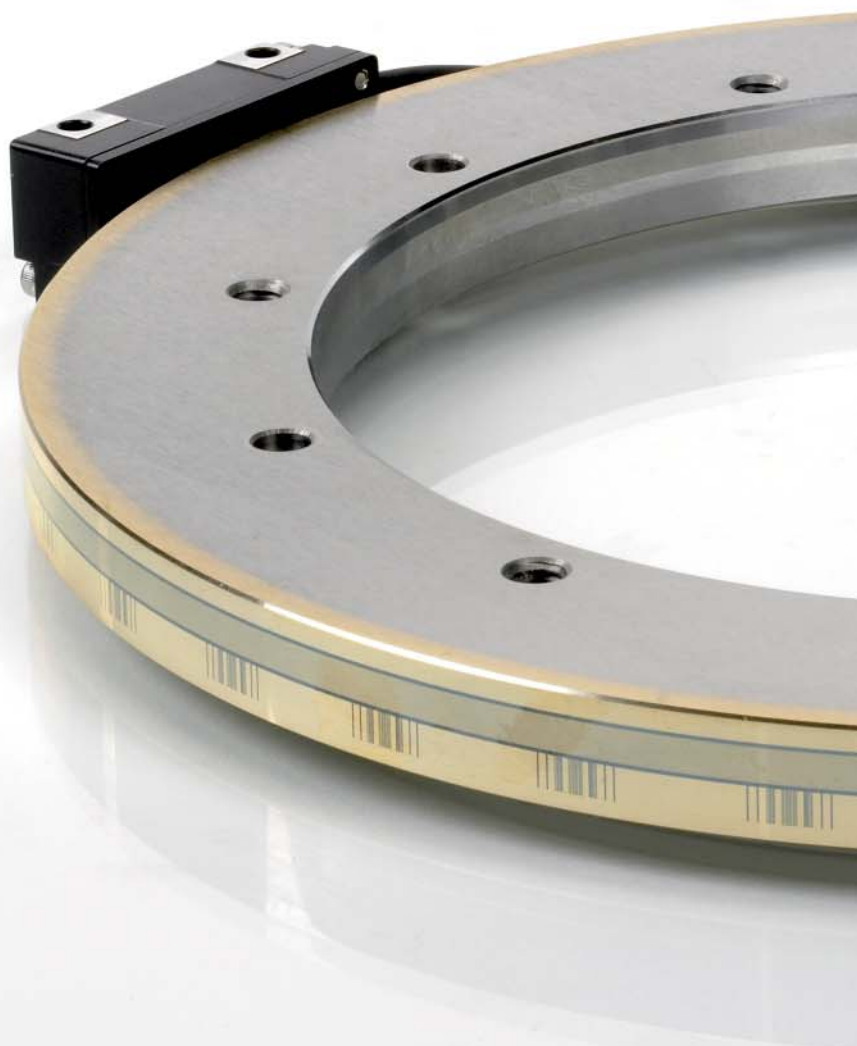




HEIDENHAIN



**Systèmes de
mesure angulaire**
sans roulement

Décembre 2015



Les informations sur les

- systèmes de mesure angulaire avec roulement intégré
 - capteurs rotatifs
 - systèmes de mesure pour entraînements électriques
 - systèmes de mesure linéaire à règle nue
 - systèmes de mesure linéaire pour machines-outils à commande numérique
 - électroniques d'interface HEIDENHAIN
 - commandes numériques HEIDENHAIN
- sont disponibles sur demande ou à l'adresse internet www.heidenhain.fr.

Le catalogue *Interfaces* (ID 1078628-xx) contient une description détaillée de toutes les interfaces disponibles, ainsi que des informations électriques d'ordre général.

La parution de ce catalogue invalide toutes les éditions précédentes. Pour toute commande passée chez HEIDENHAIN, la version de catalogue qui prévaut correspond toujours à l'édition courante à la date de la commande.

Les normes (EN, ISO, etc.) s'appliquent uniquement lorsqu'elles sont expressément citées dans le catalogue.

Sommaire

Vue d'ensemble			
	Systèmes de mesure angulaire HEIDENHAIN		4
Tableau d'aide à la sélection	Systèmes de mesure angulaire et systèmes de mesure à encastrer sans roulement		6
	Systèmes de mesure angulaire absolue avec roulement		10
	Systèmes de mesure angulaire incrémentale avec roulement		12
Caractéristiques techniques et instructions de montage			
Principes de mesure	Support de mesure, procédé de mesure incrémentale		14
Balayage du support de la mesure			16
Précision de mesure			18
Fiabilité			22
Structures mécaniques et montage			24
Informations mécaniques d'ordre général			32
Spécifications techniques	Série ou type	Précision de la gravure	
Systèmes de mesure angulaire sans roulement	ERP 880	$\pm 0,9''$	34
	ERP 4080/ERP 8080	jusqu'à $\pm 1,0''$	36
	Série ERO 6000	jusqu'à $\pm 2,0''$	38
	ERO 6180	$\pm 10''$	40
	Série ERA 4000	jusqu'à $\pm 1,7''$	42
	Série ERA 7000	jusqu'à $\pm 1,6''$	48
	Série ERA 8000	jusqu'à $\pm 1,9''$	52
Raccordement électrique			
Interfaces et repérage des broches	Signaux incrémentaux	$\sim 1 V_{CC}$	56
		$\square$ TTL	57
Câbles et connecteurs			58
Équipement de contrôle HEIDENHAIN			61
Électroniques d'interface			64
Électroniques d'exploitation			66

Systèmes de mesure angulaire HEIDENHAIN

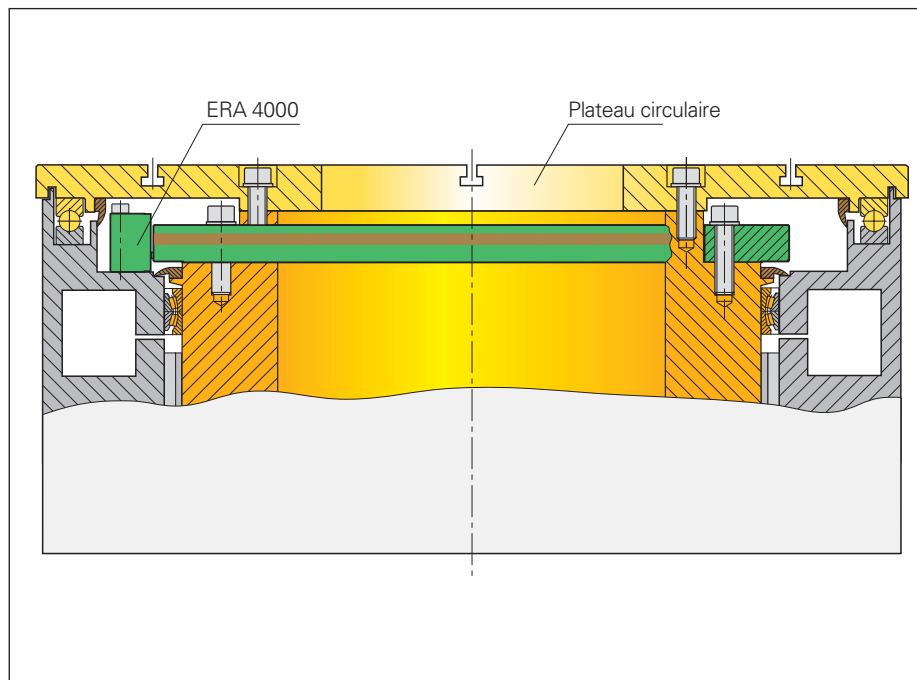
D'une manière générale, on appelle systèmes de mesure angulaire les systèmes de mesure ayant une précision inférieure à $\pm 5''$ et comptant plus de 10 000 traits.

Les systèmes de mesure angulaire sont destinés à la **mesure d'angles de grande précision**, de l'ordre de grandeur de quelques secondes d'arc. On les trouve dans les plateaux circulaires, les têtes pivotantes de machines-outils, les axes C des tours, mais également sur les équipements de mesure, télescopes, etc.

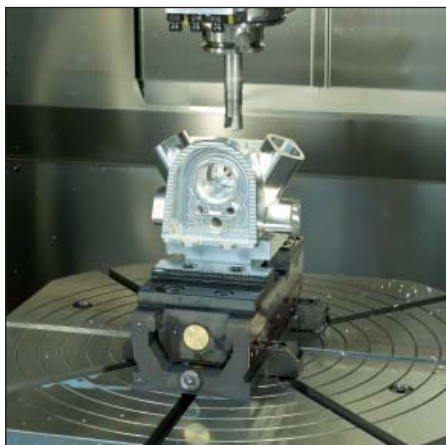
D'autres applications, comme les scanners, les systèmes de positionnement, les rotatives d'imprimerie ou les systèmes de déflexion de faisceau, exigent une **très grande reproductibilité** et une **résolution angulaire très élevée**. Les systèmes de mesure pour de telles applications sont également considérés comme des systèmes de mesure angulaire.

Par contre, les capteurs rotatifs sont destinés aux applications de moindre précision, telles que la technique d'automatisation, les entraînements électriques, etc.

Les tableaux aux pages suivantes proposent divers systèmes de mesure angulaire en fonction des applications et de leurs exigences.



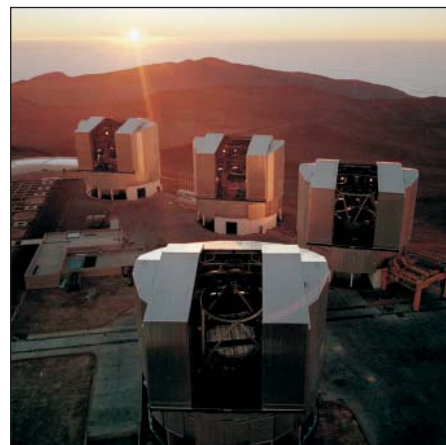
Montage du système de mesure angulaire **ERA 4000** sur le plateau circulaire d'une machine-outil



Plateau circulaire d'une machine-outil



Table XYT



Télescope de grandes dimensions

Systèmes de mesure angulaire sans roulement

Les systèmes de mesure angulaire sans roulement (à encastrer) **ERP, ERO** et **ERA** se composent de deux éléments (tête captrice et support de la gravure) qui sont ajustés l'un par rapport à l'autre lors du montage. L'excentricité de l'arbre, le montage et le réglage ont donc une incidence significative sur la précision finale recherchée.

Les systèmes de mesure angulaire à encastrer existent en plusieurs versions avec différents supports de gravure :

- ERP/ERO : disque gradué en verre avec moyeu
- ERA 4000 : tambour en acier
- ERA 7000/8000 : ruban en acier

Les systèmes de mesure angulaire sans roulement sont à intégrer dans des éléments de machines ou dans des équipements. Ils répondent aux exigences suivantes :

- arbre creux de grand diamètre (jusqu'à 10 m, solution avec ruban)
- vitesses de rotation élevées
- pas de couple supplémentaire au démarrage grâce aux joints d'étanchéité
- reproductibilité élevée
- haute flexibilité d'adaptation sur le lieu d'implantation (version cercle entier ou version segment de cercle pour la solution avec ruban)

Les systèmes de mesure angulaire sans roulement n'étant pas cartésisés, c'est la qualité du montage qui, en principe, garantit l'indice de protection requis.

Tableau d'aide à la sélection, voir page 6 à 9



Systèmes de mesure angulaire avec roulement intégré

Les systèmes de mesure angulaire avec roulement **RCN, RON, RPN** et **ROD** sont des systèmes complets entièrement protégés. Ils se caractérisent par leur simplicité de montage et un minimum de réglages. L'accouplement statorique intégré (RCN, RON et RPN) ou l'accouplement d'arbre séparé (ROD) compense les jeux de l'arbre moteur.

Les systèmes de mesure angulaire avec accouplement statorique intégré ont un excellent comportement dynamique. En effet, lors d'une accélération angulaire de l'arbre moteur, l'accouplement n'est sollicité que par le couple de rotation résultant du frottement du roulement.

Autres avantages :

- forme compacte, espace de montage réduit
- arbres creux jusqu'à 100 mm pour le passage des câbles d'alimentation, etc.
- facilité de montage
- larges tolérances de montage

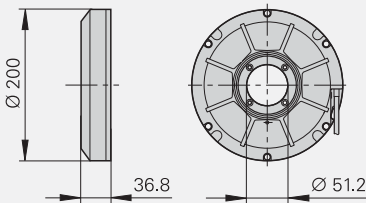
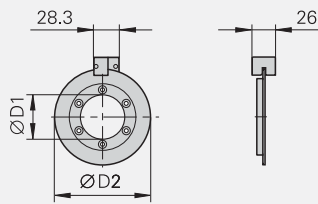
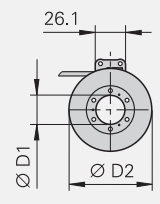
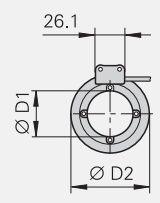
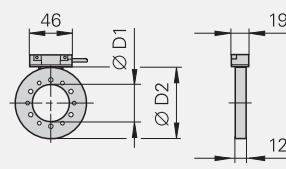
Tableau d'aide à la sélection, voir page 10 à 13



Informations détaillées sur les **systèmes de mesure angulaire avec roulement** disponibles à l'adresse internet www.heidenhain.fr ou dans le catalogue

Tableau d'aide à la sélection

Systèmes de mesure angulaire sans roulement

Série	Version et montage	Principales dimensions en mm	Diamètre D1/D2	Précision de la gravure	Vitesse de rotation adm. méc.
Systèmes de mesure angulaire avec gravure sur verre					
ERP 880	Réseau de phases sur disque gradué avec moyeu, vissé sur la face frontale de l'arbre		—	± 0,9"	≤ 1000 min ⁻¹
ERP 4000	Réseau de phases sur disque gradué avec moyeu, vissé sur la face frontale de l'arbre		D1 : 8 mm D2 : 44 mm	± 2"	≤ 300 min ⁻¹
ERP 8000			D1 : 50 mm D2 : 108 mm	± 1"	≤ 100 min ⁻¹
ERO 6000	Division METALLUR sur disque en verre avec moyeu, vissé sur la face frontale de l'arbre		D1 : 25/95 mm D2 : 71/150 mm	± 5" / ± 3,5"	≤ 1600 min ⁻¹ / ≤ 800 min ⁻¹
ERO 6100	Division chrome sur verre, vissé sur la face frontale de l'arbre		D1 : 41 mm D2 : 70 mm	± 10"	≤ 3500 min ⁻¹
Systèmes de mesure angulaire avec division sur tambour en acier					
ERA 4x80	Tambour gradué avec collerette de centrage, vissé sur la face frontale de l'arbre		D1 : 40 mm à 512 mm D2 : 76,5 mm à 560,46 mm	± 5" à ± 2"	≤ 10000 min ⁻¹ à ≤ 1500 min ⁻¹
ERA 4282	Tambour gradué pour grande précision, vissé sur la face frontale de l'arbre		D1 : 40 mm à 270 mm D2 : 76,5 mm à 331,31 mm	± 4" à ± 1,7"	≤ 10000 min ⁻¹ à ≤ 2500 min ⁻¹

¹⁾ avec interpolation intégrée

	Interface	Périodes de signal/tour	Marques de référence	Type	Page
	$\sim 1 V_{CC}$	180 000	une	ERP 880	34
	$\sim 1 V_{CC}$	131 072	aucune	ERP 4080	36
	$\sim 1 V_{CC}$	360 000	aucune	ERP 8080	
	$\sim 1 V_{CC}$	9 000 18 000	une	ERO 6080	38
	$\square$ TTL	45 000 à 900 000 ¹⁾	une	ERO 6070	
	$\sim 1 V_{CC}$	4 096	une	ERO 6180	40
	$\sim 1 V_{CC}$	12 000 à 52 000	à distances codées	ERA 4280C	42
		6 000 à 44 000		ERA 4480C	
		3 000 à 13 000		ERA 4880C	
	$\sim 1 V_{CC}$	12 000 à 52 000	à distances codées	ERA 4282C	46



ERP 880



ERP 4080



ERO 6080



ERA 4000

Tableau d'aide à la sélection

Systèmes de mesure angulaire sans roulement et systèmes de mesure encastrables

Série	Version et montage	Principales dimensions en mm	Diamètre D1/D2	Précision de la gravure	Vitesse de rota- tion adm. méc.
Systèmes de mesure angulaire avec division sur ruban en acier					
ERA 7000	Ruban de mesure en acier pour montage intérieur, version cercle entier ¹⁾ , ruban tendu sur la circonférence		458,62 mm à 1146,10 mm	± 3,9" à ± 1,6"	≤ 250 min ⁻¹ à ≤ 220 min ⁻¹
ERA 8000	Ruban de mesure en acier pour montage extérieur, version cercle entier ¹⁾ , ruban tendu sur la circonférence		458,11 mm à 1145,73 mm	± 4,7" à ± 1,9"	env. ≤ 45 min ⁻¹
Systèmes de mesure à encastrer avec gravure magnétique					
ERM 2200	Tambour gradué en acier avec division MAGNODUR, vissé sur la face frontale de l'arbre		D1 : 70 mm à 380 mm D2 : 113,16 mm à 452,64 mm	± 7" à ± 2,5"	≤ 14000 min ⁻¹ à ≤ 3000 min ⁻¹
ERM 200	Tambour gradué en acier avec division MAGNODUR, vissé sur la face frontale de l'arbre		D1 : 40 mm à 410 mm D2 : 75,44 mm à 452,64 mm	± 11" à ± 3,5"	≤ 19000 min ⁻¹ à ≤ 3000 min ⁻¹
ERM 2400	Tambour gradué en acier avec division MAGNODUR, fixation par serrage		D1 : 40/55 mm D2 : 64,37/75,44 mm	± 17" à ± 9"	≤ 33000 min ⁻¹ à ≤ 27000 min ⁻¹
ERM 2900			D1 : 40 mm à 100 mm D2 : 58,6 à 120,96 mm	± 68" à ± 33"	≤ 47000 min ⁻¹ à ≤ 16000 min ⁻¹

¹⁾ versions segment de cercle sur demande

	Interface	Périodes de signal/tour	Marques de référence	Type	Page
	$\sim 1 V_{CC}$	36 000 à 90 000	à distances codées	ERA 7480C	48
	$\sim 1 V_{CC}$	36 000 à 90 000	à distances codées	ERA 8480C	52
	$\sim 1 V_{CC}$	1800 à 7200	une	ERM 2280	Catalogue <i>Systèmes de mesure magnétiques encastrables</i>
	$\square$ TTL	600 à 3600	une	ERM 220	
	$\sim 1 V_{CC}$			ERM 280	
	$\sim 1 V_{CC}$	512 à 600	une	ERM 2485	
	$\sim 1 V_{CC}$	192 à 400	une	ERM 2984	



ERA 7480



ERA 8480



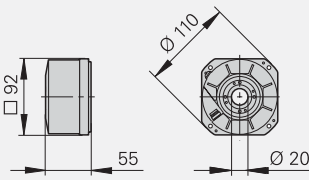
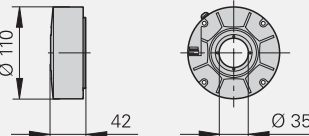
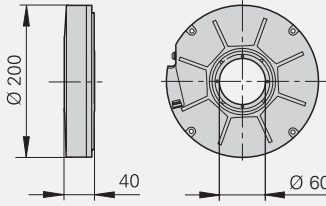
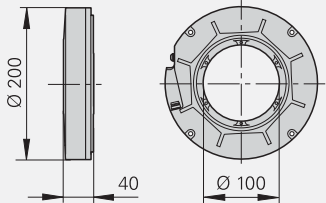
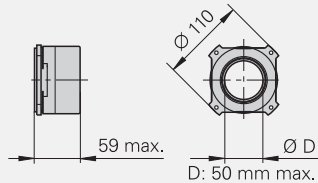
ERM 2200



ERM 280

Tableau d'aide à la sélection

Systèmes de mesure angulaire absolue avec roulement

Série	Principales dimensions en mm	Précision du système	Vitesse de rotation adm. méc.	Valeurs de position/ tour	Interface
Avec accouplement statorique intégré					
RCN 2000		± 5"	≤ 1500 min ⁻¹	67 108 864 ± 26 bits	EnDat 2.2/02
					EnDat 2.2/22
					Fanuc 05
					Mit 03-4
		± 2,5"		268 435 456 ± 28 bits	EnDat 2.2/02
					EnDat 2.2/22
RCN 5000		± 5"	≤ 1500 min ⁻¹	67 108 864 ± 26 bits	EnDat 2.2/02
					EnDat 2.2/22
					Fanuc 05
					Mit 03-4
		± 2,5"		268 435 456 ± 28 bits	EnDat 2.2/02
					EnDat 2.2/22
RCN 8000	 	± 2"	≤ 500 min ⁻¹	536 870 912 ± 29 bits	EnDat 2.2/02
					EnDat 2.2/22
					Fanuc 05
					Mit 03-4
		± 1"			EnDat 2.2/02
					EnDat 2.2/22
avec accouplement statorique monté à l'extérieur					
ECN 200		± 10"	≤ 3000 min ⁻¹	33 554 432 ± 25 bits	EnDat 2.2/02
					EnDat 2.2/22
				83 886 08 ± 23 bits	Fanuc 02
					Mit 02-4

	Signaux incrémentaux	Périodes de signal/tour	Type	Informations complémentaires
	$\sim 1 V_{CC}$	16 384	RCN 2380	Catalogue Systèmes de mesure angulaire avec roulement intégré
	–	–	RCN 2310	
	–	–	RCN 2390F	
	–	–	RCN 2390M	
	$\sim 1 V_{CC}$	16 384	RCN 2580	
	–	–	RCN 2510	
	–	–	RCN 2590F	
	–	–	RCN 2590M	
	$\sim 1 V_{CC}$	32 768	RCN 5380	
	–	–	RCN 5310	
	–	–	RCN 5390F	
	–	–	RCN 5390M	
	$\sim 1 V_{CC}$	32 768	RCN 5580	
	–	–	RCN 5510	
	–	–	RCN 5590F	
	–	–	RCN 5590M	
	$\sim 1 V_{CC}$	32 768	RCN 8380	
	–	–	RCN 8310	
	–	–	RCN 8390F	
	–	–	RCN 8390M	
	$\sim 1 V_{CC}$	32 768	RCN 8580	
	–	–	RCN 8510	
	–	–	RCN 8590F	
	–	–	RCN 8590M	
	$\sim 1 V_{CC}$	2048	ECN 225	Catalogue Systèmes de mesure angulaire avec roulement intégré
	–	–	ECN 225	
	–	–	ECN 223F	
	–	–	ECN 223M	



RCN 2000



RCN 5000



RCN 8000
Ø 60 mm



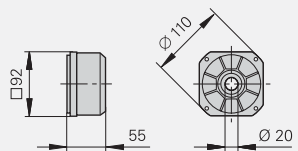
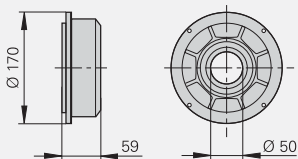
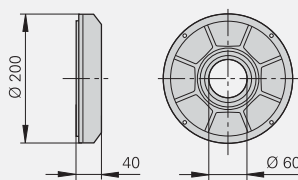
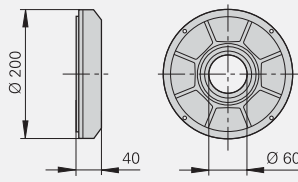
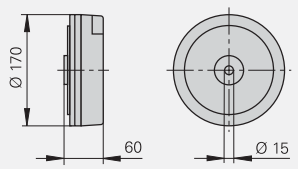
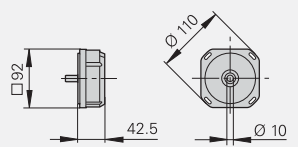
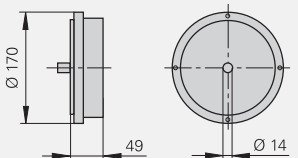
RCN 8000
Ø 100 mm



ECN 200
Ø 50 mm

Tableau d'aide à la sélection

Systèmes de mesure angulaire incrémentale avec roulement

Série	Principales dimensions en mm	Précision du système	Vitesse de rotation adm. méc.	Interface
Avec accouplement statorique intégré				
RON 200		$\pm 5''$	$\leq 3000 \text{ min}^{-1}$	 TTL
		$\pm 2,5''$		 TTL $\sim 1 V_{CC}$ $\sim 1 V_{CC}$
RON 700		$\pm 2''$	$\leq 1000 \text{ min}^{-1}$	$\sim 1 V_{CC}$
				$\sim 1 V_{CC}$
RON 800 RPN 800		$\pm 1''$	$\leq 1000 \text{ min}^{-1}$	$\sim 1 V_{CC}$ $\sim 1 V_{CC}$
RON 900		$\pm 0,4''$	$\leq 100 \text{ min}^{-1}$	$\sim 11 \mu A_{CC}$
Pour accouplement d'arbre séparé				
ROD 200		$\pm 5''$	$\leq 10000 \text{ min}^{-1}$	 TTL  TTL $\sim 1 V_{CC}$
ROD 700		$\pm 2''$	$\leq 1000 \text{ min}^{-1}$	$\sim 1 V_{CC}$
ROD 800		$\pm 1''$	$\leq 1000 \text{ min}^{-1}$	$\sim 1 V_{CC}$

¹⁾ avec interpolation intégrée

	Périodes de signal/ tour	Type	Informations complémentaires
	18 000 ¹⁾	RON 225	Catalogue <i>Systèmes de mesure angulaire avec roulement intégré</i>
	180 000/90 000 ¹⁾	RON 275	
	18 000	RON 285	
	18 000	RON 287	
	18 000	RON 785	
	18 000/36 000	RON 786	
	36 000	RON 886	
	180 000	RPN 886	
	36 000	RON 905	
	18 000 ¹⁾	ROD 220	Catalogue <i>Systèmes de mesure angulaire avec roulement intégré</i>
	180 000 ¹⁾	ROD 270	
	18 000	ROD 280	
	18 000/36 000	ROD 780	
	36 000	ROD 880	



RON 285



RON 786



RON 905



ROD 280



ROD 780

Principes de mesure

Support de mesure

Les systèmes de mesure HEIDENHAIN utilisent des structures régulières – appelées divisions.

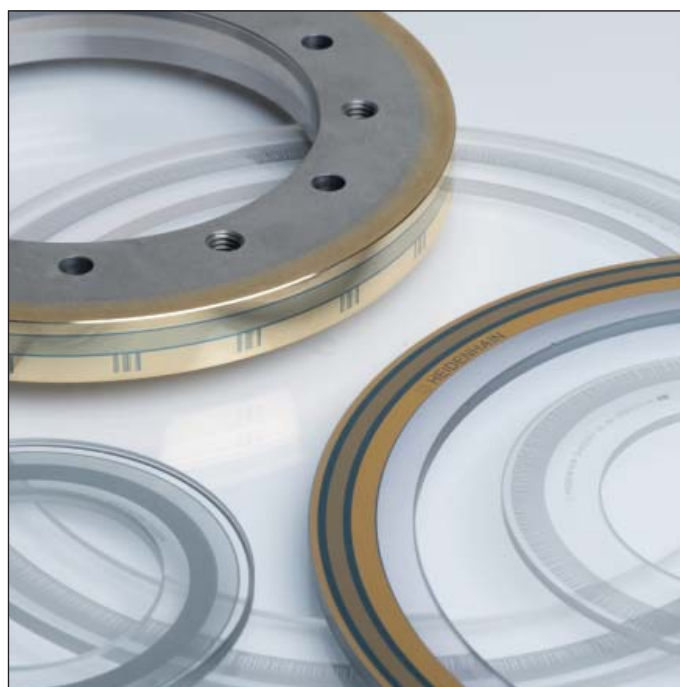
Des substrats en verre ou en acier servent de support à ces divisions : le verre est le plus souvent utilisé sur les systèmes de mesure pour des vitesses de rotation atteignant $10\,000\text{ min}^{-1}$. Pour les vitesses de rotation plus élevées, jusqu'à $20\,000\text{ min}^{-1}$, on utilise des tambours en acier. Sur les systèmes destinés à mesurer de grands diamètres, c'est en revanche un ruban de mesure en acier qui sert de support à la mesure.

Pour obtenir des divisions fines, HEIDENHAIN met en œuvre des procédés photolithographiques spéciaux.

- AURODUR : traits dépolis gravés sur un ruban en acier revêtu d'une couche d'or, période de division typique de $40\text{ }\mu\text{m}$
- METALLUR : division insensible aux salissures, constituée de traits métalliques déposés sur de l'or, avec une période de division typique de $20\text{ }\mu\text{m}$
- DIADUR : traits en chrome extrêmement résistants (période de division typique de $20\text{ }\mu\text{m}$) ou structure tridimensionnelle en chrome sur verre (période de division typique de $8\text{ }\mu\text{m}$)
- Réseau de phases SUPRADUR : structure planaire tridimensionnelle, particulièrement insensible aux salissures, période de division typique de $8\text{ }\mu\text{m}$ voire moins
- Réseau de phases OPTODUR : structure planaire tridimensionnelle avec réflexion particulièrement élevée, période de division typique de $2\text{ }\mu\text{m}$ voire moins

Les périodes de divisions ainsi obtenues sont non seulement d'une grande finesse, mais elles se caractérisent également par une grande netteté et par l'homogénéité des traits qui les composent. Associée au procédé de balayage photoélectrique, cette structure joue un rôle déterminant pour la qualité des signaux de sortie.

La société HEIDENHAIN fabrique ses matrices originales sur des machines de grande précision qu'elle a elle-même construites.



Divisions circulaires pour systèmes de mesure angulaire

Procédé de mesure incrémentale

Dans le cas du **procédé de mesure incrémentale**, la division est constituée d'une structure de réseau régulière. L'information de position est obtenue **par comptage** des incréments (pas de mesure) à partir d'un point zéro qui est librement défini. Une référence absolue restant toutefois nécessaire pour déterminer les positions, le support de mesure est doté d'une piste auxiliaire qui comporte une **marque de référence**. Définie grâce à celle-ci, la position absolue de la règle est associée exactement à un pas de mesure. Il est donc nécessaire de franchir cette marque de référence pour établir une référence absolue ou retrouver le dernier point de référence utilisé.

Dans le cas le plus défavorable, il faut effectuer une rotation de 360°. Pour faciliter ce "franchissement du point de référence", de nombreux systèmes de mesure HEIDENHAIN disposent de **marques de référence à distances codées** : la piste de référence compte alors plusieurs marques plus ou moins espacées les unes des autres. L'électronique consécutive détermine la référence absolue dès le passage sur deux marques de référence voisines – donc après un déplacement angulaire de quelques degrés seulement (voir incrément nominal G dans le tableau). Les systèmes de mesure avec marques de référence à distances codées portent la lettre "C" derrière leur désignation (p. ex. ERA 4200 C).

Avec les marques de référence à distances codées, la **référence absolue** est calculée par comptage des incréments séparant deux marques de référence et d'après la formule suivante :

$$\alpha_1 = (\text{abs } A - \text{sgn } A - 1) \times \frac{G}{2} + (\text{sgn } A - \text{sgn } D) \times \frac{\text{abs } M_{RR}}{2}$$

avec :

$$A = \frac{2 \times \text{abs } M_{RR} - G}{TP}$$

Signification

α_1 = position angulaire absolue en degrés de la première marque de référence franchie par rapport à la position zéro

abs = valeur absolue

sgn = fonction sens (fonction signe = "+1" ou "-1")

M_{RR} = valeur de mesure en degrés entre les marques de référence franchies

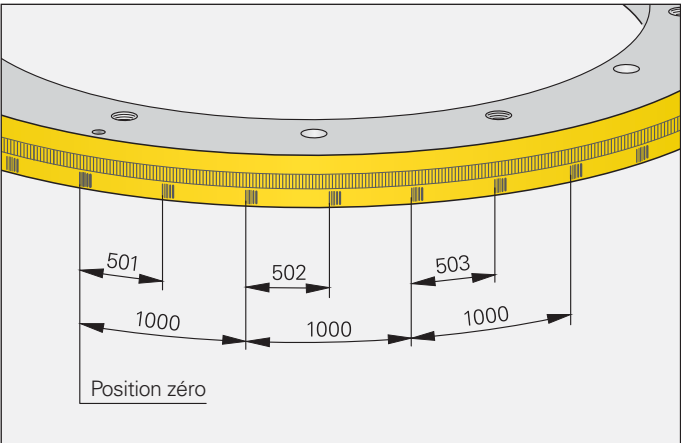
G = incrément nominal entre deux marques de référence fixes (voir tableaux)

TP = période de division ($\frac{360^\circ}{\text{nombre de traits}}$)

D = sens de rotation (+1 ou -1)
La rotation conforme au plan d'encombrement donne "+1".

ERA 7480C, ERA 8480C

Nombre de traits z	Nombre de marques de référence	Incrément nominal G
36 000	72	10°
45 000	90	8°
90 000	180	4°



Exemple d'une division circulaire avec marques de référence à distances codées (ex. ERA 4480 C avec 20 000 traits)

ERA 4000C

Nb traits avec période division			Nombre de marques de référence	Incrément nominal G
20 µm	40 µm	80 µm		
—	—	3000	6	120°
8 192	4 096	4 096	8	90°
—	—	5000	10	72°
12 000	6 000	—	12	60°
—	—	7000	14	51,429°
16 384	8 192	8 192	16	45°
20 000	10 000	10 000	20	36°
24 000	12 000	12 000	24	30°
—	—	13 000	26	27,692°
28 000	14 000	—	28	25,714°
32 768	16 384	—	32	22,5°
40 000	20 000	—	40	18°
48 000	24 000	—	48	15°
52 000	26 000	—	52	13,846°
—	38 000	—	76	9,474°
—	44 000	—	88	8,182°

Balayage du support de la mesure

Balayage photoélectrique

La plupart des systèmes de mesure HEIDENHAIN fonctionnent selon le principe de balayage photoélectrique. Il s'agit d'un procédé de balayage sans contact, donc sans usure. Il détecte des traits de divisions extrêmement fins d'une largeur de quelques microns et génère des signaux de sortie de périodes très faibles.

Plus la période de division du support de mesure est fine, plus les effets de la diffraction influent sur le balayage photo-électrique. Pour les systèmes de mesure angulaire, HEIDENHAIN a recours à deux principes de balayage :

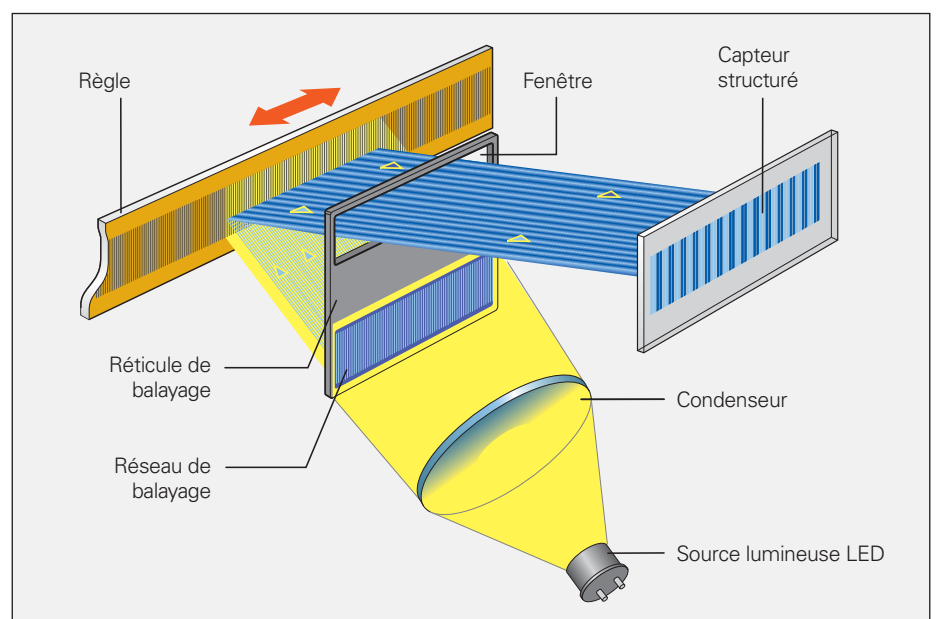
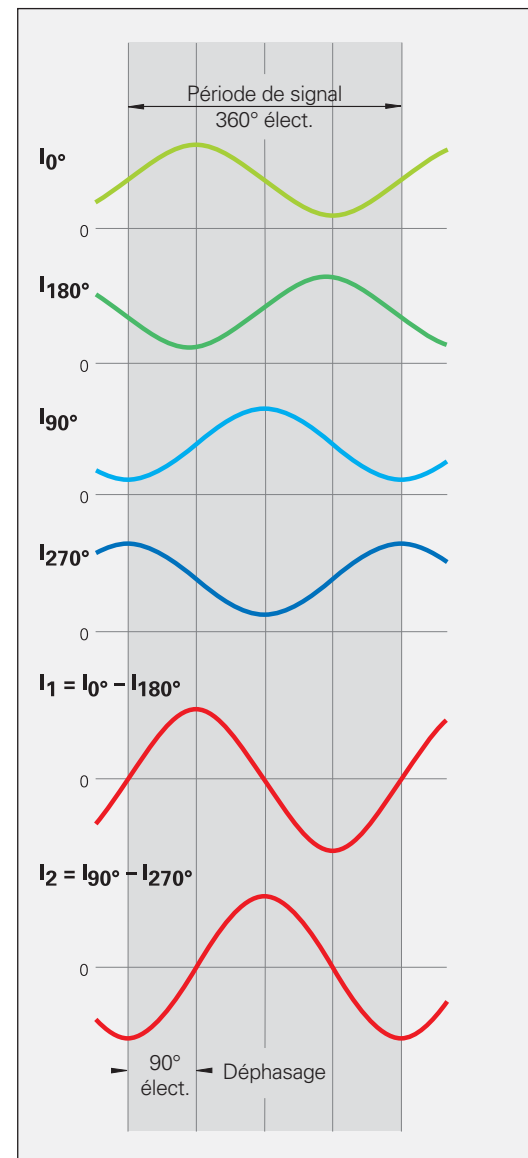
- le **principe de mesure par projection** pour les périodes de division de 10 μm à env. 70 μm
- le **principe de mesure interférentielle** pour les réseaux de traits très fins avec des périodes de division de 4 μm voire moins

Principe de mesure par projection

En termes simplifiés, ce principe de mesure fonctionne avec un signal généré par projection de lumière : deux réseaux de traits qui ont, par exemple, la même période de division – disque gradué et réticule de balayage – sont déplacés l'un par rapport à l'autre. Le matériau du réticule de balayage est transparent. La division du support de mesure peut, quant à elle, être déposée sur un matériau transparent ou réfléchissant. Lorsqu'un faisceau lumineux parallèle balaye un réseau de traits, on observe des alternances de champs clairs et de champs foncés. A cet endroit se trouve un réticule opposé qui présente la même période de division. Ainsi, lorsque les deux réseaux de traits se déplacent l'un par rapport à l'autre, la lumière passante est modulée : la lumière passe si les interstices entre les traits se trouvent face à face ; en revanche, elle ne passe pas si les traits recouvrent ces interstices.

Les photoéléments convertissent ces modulations d'intensité lumineuse en signaux électriques. La division spéciale du réticule de balayage filtre alors le flux lumineux de telle façon que les signaux de sortie générés ont une forme presque sinusoïdale. Plus la période de division du réseau de traits est petite, plus la distance entre le réticule de balayage et le disque gradué est faible et plus la tolérance est infime. Avec ce principe, il est possible d'obtenir des tolérances pratiques pour monter les systèmes de mesure dont la période de division est de 10 μm voire plus.

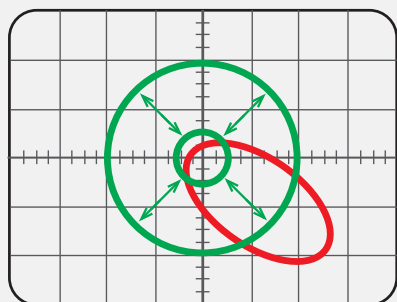
Les systèmes de mesure angulaire ERA fonctionnent p. ex. selon le principe par projection.



Balayage photoélectrique selon le principe de mesure par projection, avec règle en acier et balayage à un seul champ

Le capteur génère quatre signaux de courant de forme sinusoïdale (I_0 , I_{90° , I_{180° et I_{270°) déphasés entre eux de 90° élect. Ces signaux de balayage ne sont d'abord pas symétriques par rapport au zéro. Un agencement non parallèle des éléments photoélectriques permet donc d'obtenir deux signaux de sortie I_1 et I_2 déphasés de 90° élect. et symétriques par rapport au zéro.

Une figure de Lissajous est créée avec la représentation XY des signaux dans l'oscilloscope. On obtient un cercle centré si les signaux de sortie sont parfaits. Les erreurs de forme circulaire et de position provoquent des erreurs de position dans une période de signal (voir *Précision de mesure*) et se répercutent ainsi directement sur le résultat de la mesure. La grandeur du cercle – qui correspond à l'amplitude des signaux de sortie – peut varier à l'intérieur de certaines limites sans influencer la précision de la mesure.



Représentation XY des signaux de sortie

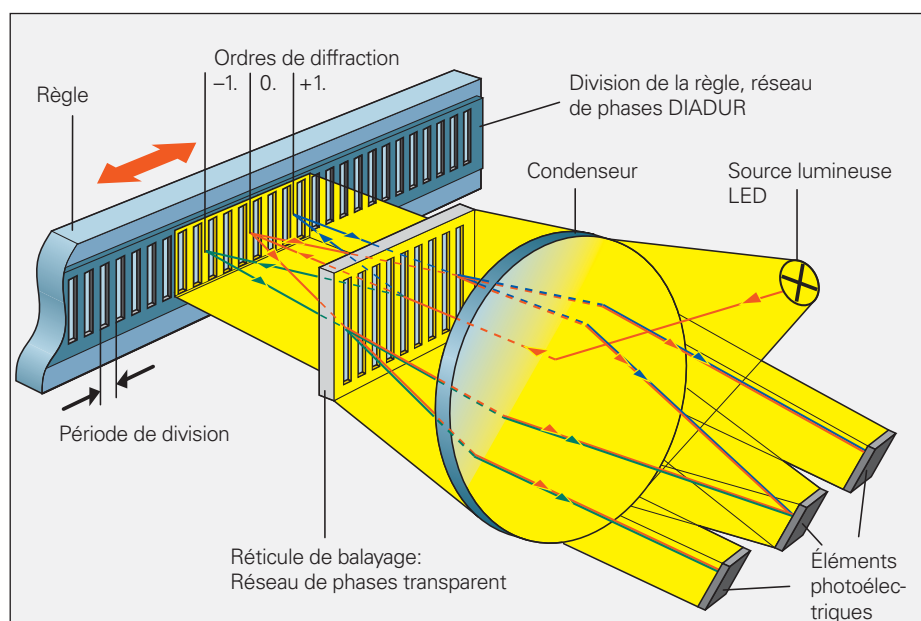
Principe de mesure interférentielle

Le principe de mesure interférentielle utilise le phénomène de diffraction et l'interférence de la lumière sur de fins réseaux de divisions pour générer les signaux qui serviront à mesurer le déplacement. C'est un réseau de phases qui sert de support à la mesure : des traits réfléchissants d'une épaisseur de $0,2 \mu\text{m}$ sont déposés sur une surface plane réfléchissante. Un réticule de balayage est disposé en vis-à-vis. Il est constitué d'un réseau de phases transparent dont la période de division est égale à celle de la règle. Lorsqu'elle passe dans le réticule de balayage, l'onde lumineuse plane est diffractée en trois ondes partielles, dans les ordres de diffraction 1, 0 et -1 avec une intensité lumineuse quasiment identique. Ces ondes partielles sont ensuite diffractées sur la règle (avec réseau de phases) de sorte que l'essentiel de l'intensité lumineuse se situe dans les ordres de diffraction réfléchis 1 et -1 . Elles se rejoignent sur le réseau de phases du réticule de balayage où elles subissent une nouvelle diffraction et s'interfèrent. Il en résulte alors trois trains d'ondes qui quittent le réticule de balayage sous des angles différents. Les cellules photoélectriques convertissent ces intensités lumineuses en signaux électriques.

En fonction du type de déplacement entre la règle et le réticule de balayage, les fronts des ondes diffractées subissent un décalage de phase plus ou moins important. Ainsi, lorsque la période de division se décale d'une période, le front d'une onde de l'ordre de diffraction 1 se décale d'une longueur d'onde dans le sens positif, tandis qu'une onde de l'ordre -1 est décalée d'une longueur d'onde dans le sens négatif. Ces deux ondes interférant à la sortie du réseau de phases, elles sont déphasées entre elles de deux longueurs d'onde. Un déplacement relatif d'une période de division revient donc à obtenir deux périodes de signal.

Les systèmes de mesure interférentielle fonctionnent avec des périodes de division moyennes de $4 \mu\text{m}$ voire moins. Leurs signaux de balayage sont exempts d'harmoniques et peuvent être fortement interpolés. Ils sont particulièrement adaptés à des niveaux élevés de résolution et de précision. Malgré cela, ils se caractérisent par des tolérances de montage faciles à respecter.

Les systèmes de mesure angulaire ERP fonctionnent p. ex. selon le principe interférentiel.



Balayage photoélectrique selon le principe de mesure interférentielle avec balayage à un seul champ

Précision de mesure

La précision de la mesure angulaire dépend en particulier de :

- la qualité de la division
- la stabilité du support de la gravure
- la qualité du balayage
- la qualité de l'électronique de traitement des signaux
- l'excentricité de la division par rapport au roulement
- des erreurs de roulement
- l'accouplement à l'arbre à mesurer

Ces facteurs d'influence regroupent à la fois les facteurs d'erreur propres aux systèmes de mesure et les facteurs propres à l'application. Il faut tenir compte de tous ces facteurs d'influence pour pouvoir évaluer le niveau de précision globale qu'il est possible d'atteindre.

Erreurs spécifiques aux systèmes de mesure

Les erreurs spécifiques aux systèmes de mesure sont indiquées dans les Spécifications techniques.

- Précision de la gravure
- Écarts de position dans une période de signal

Précision de la gravure

La précision de la gravure $\pm a$ résulte de la qualité de la gravure. Elle dépend :

- de l'homogénéité et la netteté de la période de gravure
- de l'alignement de la gravure sur son support
- *sur les systèmes de mesure pourvus d'un support de gravure massif*, de la stabilité de celui-ci afin de garantir également la précision à l'issue du montage
- *sur les systèmes de mesure avec ruban en acier*, des erreurs dues à un ruban qui aura été inégalement tendu au montage, ainsi que des erreurs au niveau du joint du ruban pour les versions cercle entier

Pour calculer la précision de la gravure $\pm a$ dans des conditions idéales, il faut mesurer, avec une tête caprice en série, les écarts de position aux positions qui correspondent à des multiples entiers de la période de signal.

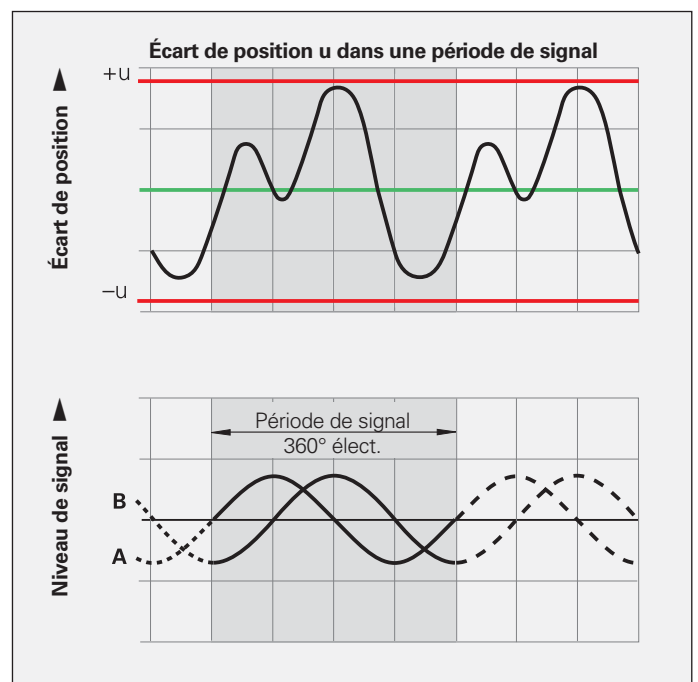
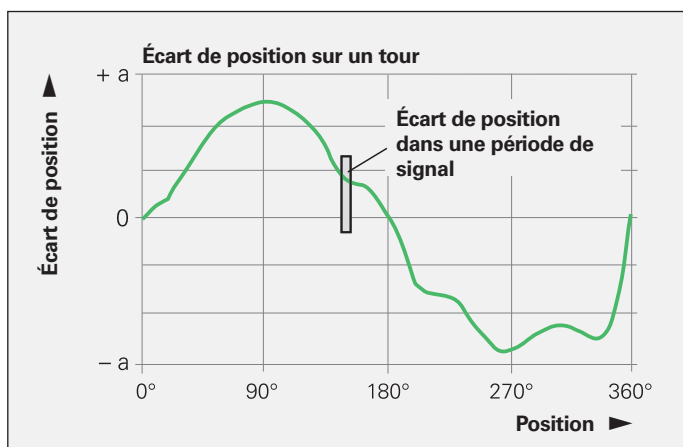
Écarts de position dans une période de signal

Les écarts de position dans une période de signal $\pm u$ résultent de la qualité du balayage et – pour les systèmes de mesure avec électronique intégrée de comptage/ mise en forme des impulsions – de la qualité de l'électronique de traitement des signaux. Sur les systèmes de mesure délivrant des signaux de sortie sinusoïdaux, c'est en revanche l'électronique consécutive qui influence les erreurs de l'électronique de traitement des signaux.

Les facteurs qui déterminent la qualité du résultat sont les suivants :

- la finesse de la période de signal
- l'homogénéité et la netteté de la période de gravure
- la qualité des structures de filtre du balayage
- les caractéristiques des détecteurs
- la stabilité et la dynamique du traitement des signaux analogiques

Ces facteurs d'influence sont pris en compte dans les erreurs de position survenant dans une période de signal.



Les erreurs de position dans une période de signal $\pm u$ sont indiquées en pourcentage de la période de signal. Sur les systèmes de mesure angulaire à encastrer sans roulement, cette valeur est généralement inférieure à $\pm 1\%$ de la période de signal (ERP 880 : $\pm 1,5\%$). Pour connaître les valeurs spécifiques, se référer aux Spécifications techniques.

Les erreurs de position dans une période de signal se répercutent sur les déplacements angulaires aussi petits soient-ils ainsi que sur les mesures répétées. Elles entraînent des variations de vitesse, notamment dans la boucle d'asservissement de vitesse.

Erreurs propres à l'application

En ce qui concerne les **systèmes de mesure sans roulement**, le montage et le réglage de la tête captrice ont une incidence cruciale sur la précision totale souhaitée, en plus des erreurs spécifiques au système. Le montage excentrique de la gravure et les défauts de concentricité de l'arbre à mesurer jouent notamment un rôle capital. Pour pouvoir juger de la précision globale, il est primordial de déterminer et de prendre en compte les erreurs propres à l'application.

En revanche, la précision indiquée pour les systèmes de mesure avec roulement intégré tient déjà compte des écarts du roulement et de l'accouplement sur l'arbre (voir catalogue *Systèmes de mesure angulaire avec roulement intégré*).

Erreurs dues à l'excentricité de la gravure par rapport au roulement

En montant le disque gradué avec moyeu, le tambour gradué ou le ruban de mesure en acier, il se peut que la gravure soit excentrée par rapport au roulement. Qui plus est, les écarts dimensionnels et de forme de l'arbre client peuvent accroître l'excentricité. Le rapport entre l'excentricité e , le diamètre de la gravure D et l'écart de mesure $\Delta\varphi$ est le suivant (cf. figure ci-dessous) :

$$\Delta\varphi = \pm 412 \cdot \frac{e}{D}$$

$\Delta\varphi$ = écart de mesure en " (secondes d'arc)

e = excentricité du tambour gradué par rapport au roulement en μm (1/2 rotation)

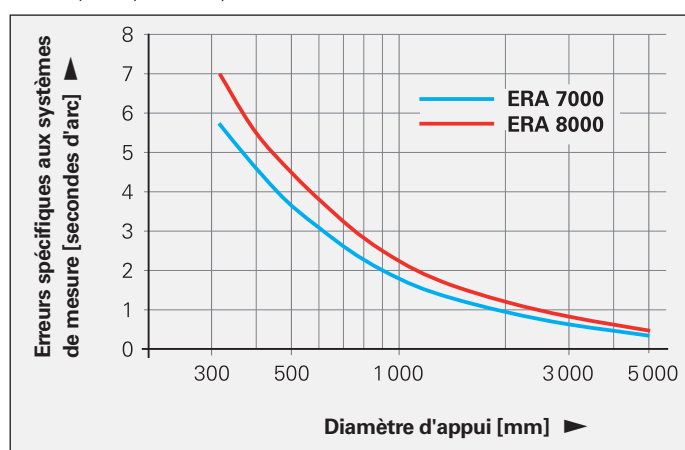
D = diamètre moyen de la gravure en mm

M = centre de la gravure

φ = angle "vrai"

φ' = angle lu

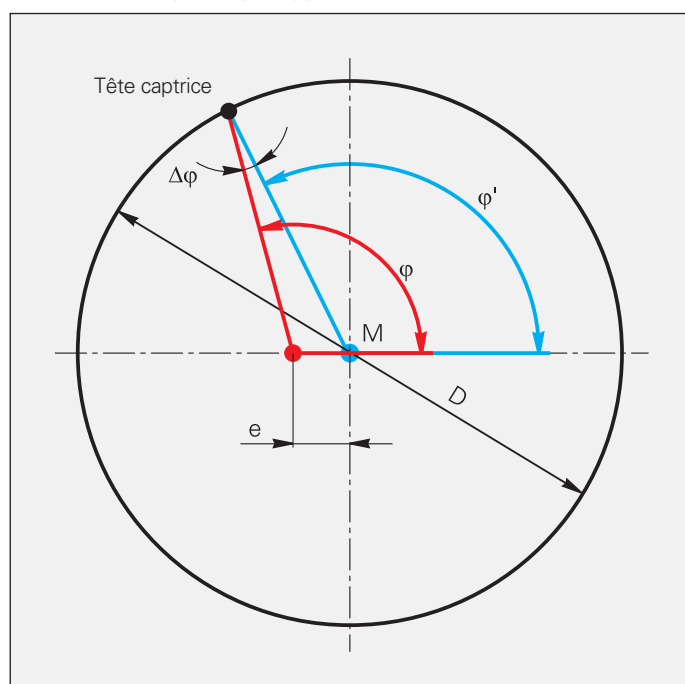
Écarts spécifiques aux systèmes de mesure des séries ERA 7000 et ERA 8000



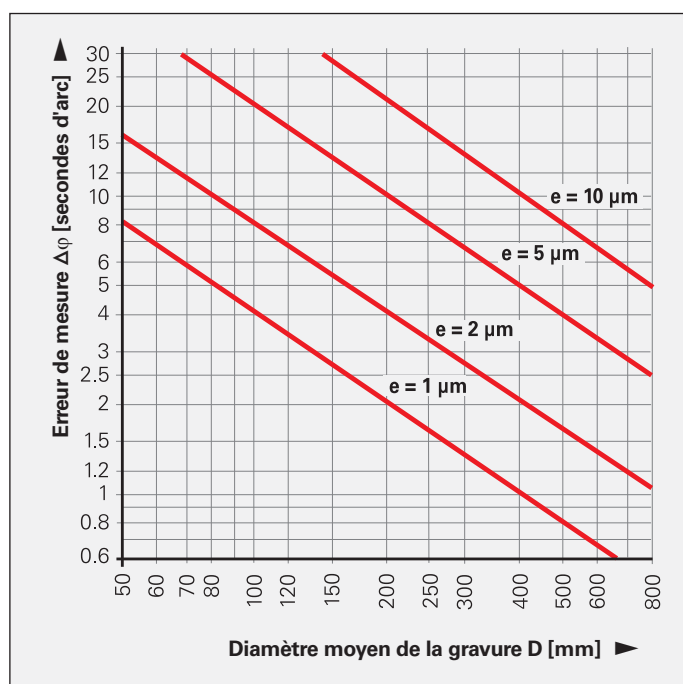
Diamètre moyen de la gravure D

ERP 880	D = 126 mm
ERP 4000	D = 40 mm
ERP 8000	D = 104 mm
ERO 6000	D = 64 ou 142 mm
ERO 6100	D = 64 mm
ERA 4000	D $\hat{=}$ diamètre extérieur du tambour
ERA 7000	D $\hat{=}$ diamètre d'appui du ruban de mesure
ERA 8000	

Excentricité de la gravure par rapport au roulement



Erreurs de mesure résultantes $\Delta\varphi$ avec différentes excentricités e en fonction du diamètre moyen de la gravure D



Défaut de concentricité du roulement

Le rapport qui existe pour l'écart de mesure $\Delta\varphi$ s'applique également à l'écart de concentricité du roulement si e a pour valeur l'excentricité, soit la moitié de l'erreur de concentricité (moitié de la valeur d'affichage). L'élasticité du roulement sous l'action d'une charge radiale de l'arbre provoque des erreurs de même nature.

Déformation de la gravure liée au montage

En ce qui concerne les tambours et les cercles gradués avec moyeu, les sections, les surfaces de référence, la position de la division par rapport à la surface de montage, les trous de fixation, etc. sont conçus de telle sorte que la précision des systèmes ne soit influencée que de façon marginale par le montage et le fonctionnement.

Écarts dimensionnels et de forme de la surface de montage (sur les séries ERA 7000 et ERA 8000)

Les écarts de forme de la surface de montage peuvent influencer la précision globale susceptible d'être atteinte.

Pour les versions destinées aux segments de cercle, on constate des erreurs angulaires supplémentaires $\Delta\varphi$ si le diamètre nominal d'appui du ruban n'est pas respecté avec précision :

$$\Delta\varphi = (1 - D'/D) \cdot \varphi \cdot 3600$$

avec

$\Delta\varphi$ = erreur du segment, en secondes d'arc

φ = angle du segment en degrés

D = diamètre nominal d'appui du ruban

D' = diamètre réel d'appui du ruban

Pour éliminer cette erreur, il suffit d'introduire dans la commande numérique le nombre de traits z' sur 360° correspondant au diamètre d'appui effectif du ruban D'. Nous avons la relation suivante :

$$z' = z \cdot D'/D$$

avec z = nombre nominal de traits sur 360°

z' = nombre effectif de traits sur 360°

Sur les versions pour segments de cercle, il est conseillé en principe de vérifier l'angle réel parcouru à l'aide d'un système de mesure par comparaison, p. ex. un système de mesure angulaire avec roulement.

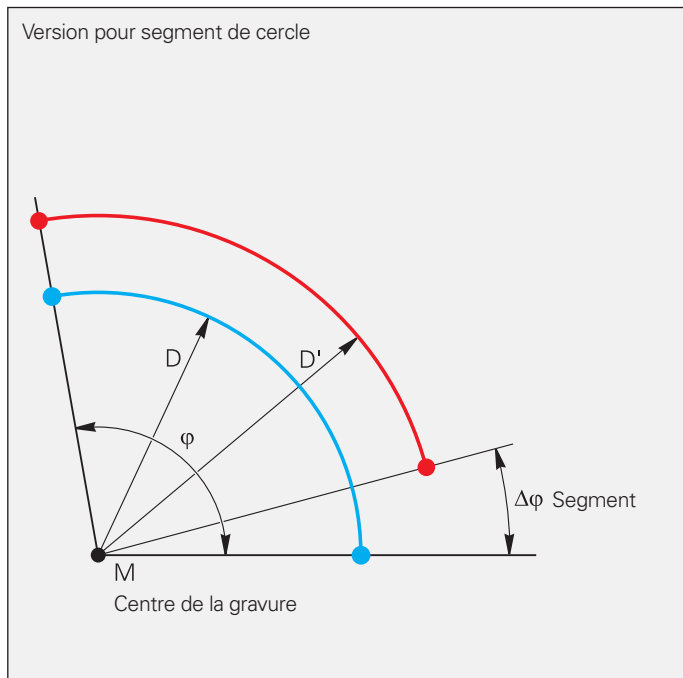
Possibilités de compensation

Le montage excentrique de la gravure ainsi que les erreurs de concentricité de l'arbre à mesurer sont à l'origine de la plupart des erreurs propres aux applications. Une méthode courante pour résoudre ce type de problème consiste à monter deux ou plusieurs têtes captrices autour du support de la gravure en les répartissant de manière équidistante. L'électronique consécutive se base alors sur les différentes valeurs de position pour n'en délivrer qu'une seule.

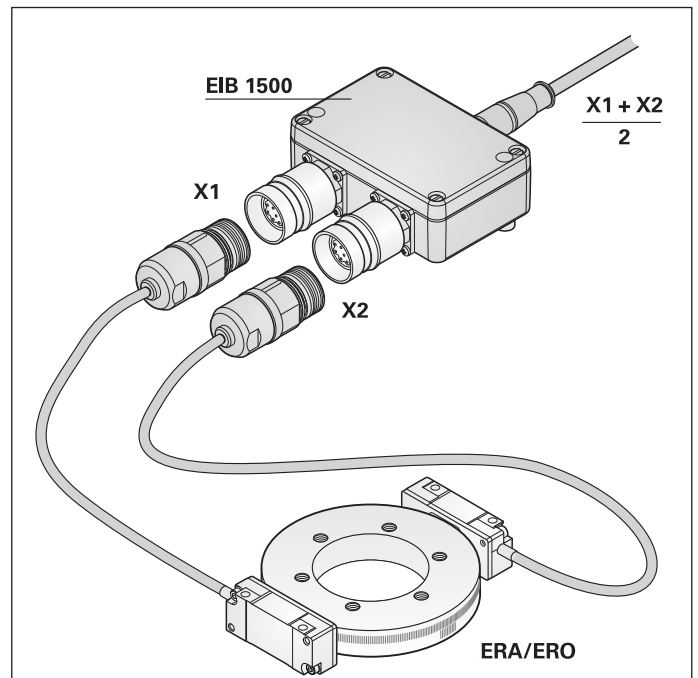
Avec l'EIB 1500, HEIDENHAIN propose une électronique capable de calculer en temps réel la position de deux têtes captrices sans la moindre répercussion négative sur la boucle d'asservissement (voir *Électroniques d'exploitation et d'affichage*).

Dans la pratique, l'amélioration effective du degré de précision dépend en grande partie de la situation de montage et de l'application. En principe, on élimine toutes les erreurs d'excentricité (erreurs reproductibles dues à des défauts de montage, erreurs non reproductibles dues à des erreurs de concentricité du roulement) ainsi que toutes les harmoniques impaires de l'erreur de division.

Erreur angulaire due à une variation du diamètre d'appui du ruban



Calcul de la position de deux têtes captrices pour compenser les erreurs d'excentricité et de concentricité



Procès-verbal de mesure

Pour les systèmes de mesure angulaire ERP, ERO et ERA 4000, HEIDENHAIN établit un procès-verbal de mesure joint à l'appareil.

Le **procès-verbal de mesure** documente la précision de la division, ainsi que le support de la gravure. La précision de la division est déterminée avec une multitude de points de mesure sur un tour. Toutes les valeurs de mesure sont dans les limites de la précision de division qui figure dans les Spécifications techniques.

Les erreurs sont déterminées à température constante (22 °C) et spécifiées dans le procès-verbal lors du contrôle final.

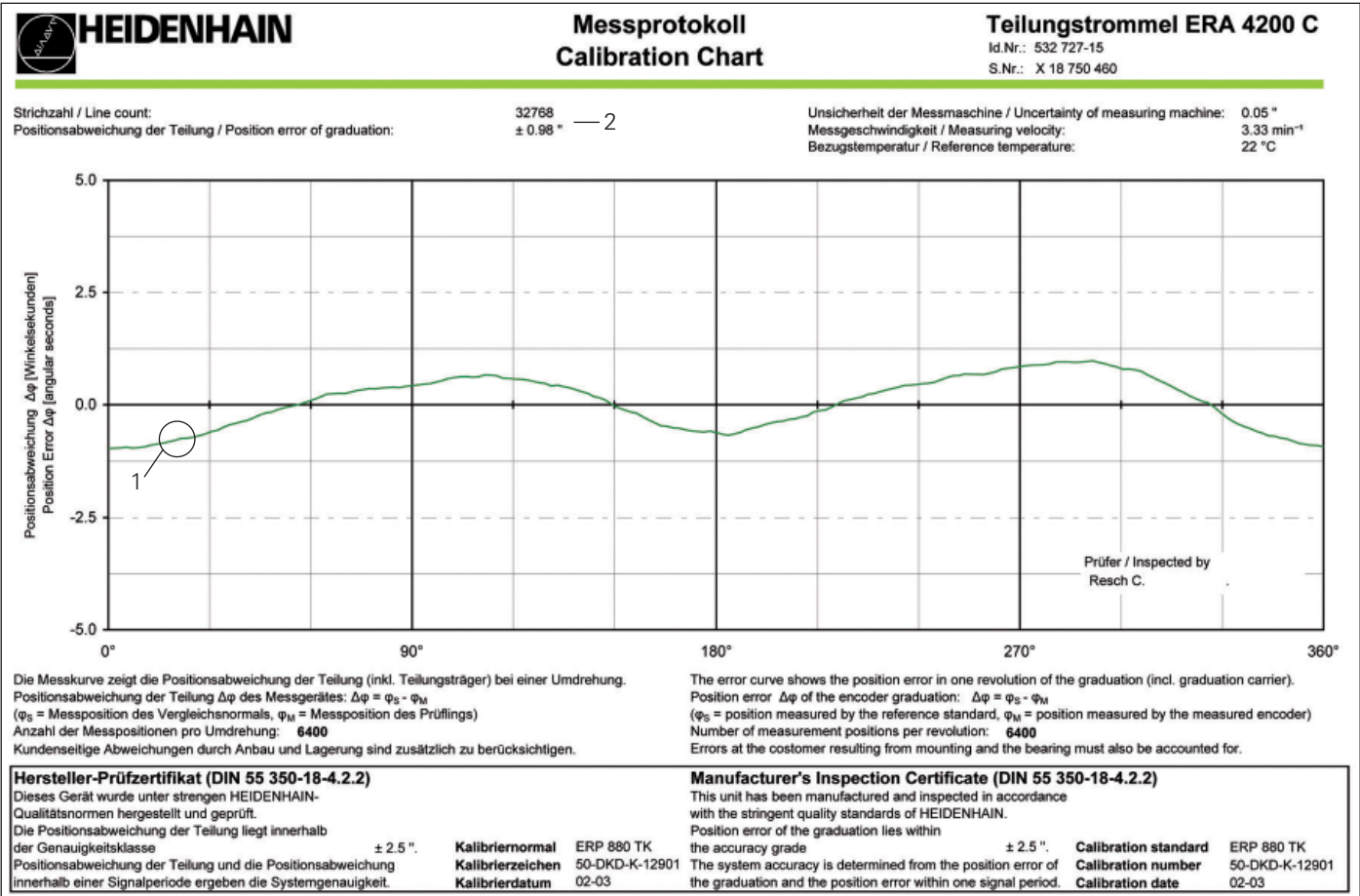
Le certificat de contrôle qualité mentionne l'**étalon de référence** pour fournir un repère par rapport aux standards nationaux et internationaux reconnus et pour assurer une traçabilité.

Les erreurs relevant du montage et les erreurs de position dans une période de signal ne sont pas prises en compte dans les valeurs de précision figurant sur le procès-verbal de mesure.

Les systèmes de mesure angulaire sans roulement qui sont pourvus d'un support de division massif sont étalonnés chez HEIDENHAIN dans les mêmes conditions de montage que celles de leur application ultérieure. Cela permet de garantir sur la machine la même précision que celle constatée chez HEIDENHAIN.

Procès-verbal de mesure prenant pour exemple le tambour gradué ERA 4200 C

- 1 Représentation graphique de la précision de la gravure
- 2 Résultat de l'étalonnage



Fiabilité

Les systèmes de mesure angulaire sans roulement HEIDENHAIN sont optimisés pour équiper les machines précises et rapides. Malgré leur conception ouverte, ils sont peu sensibles aux salissures, garantissent une grande stabilité à long terme et sont faciles et rapides à monter.

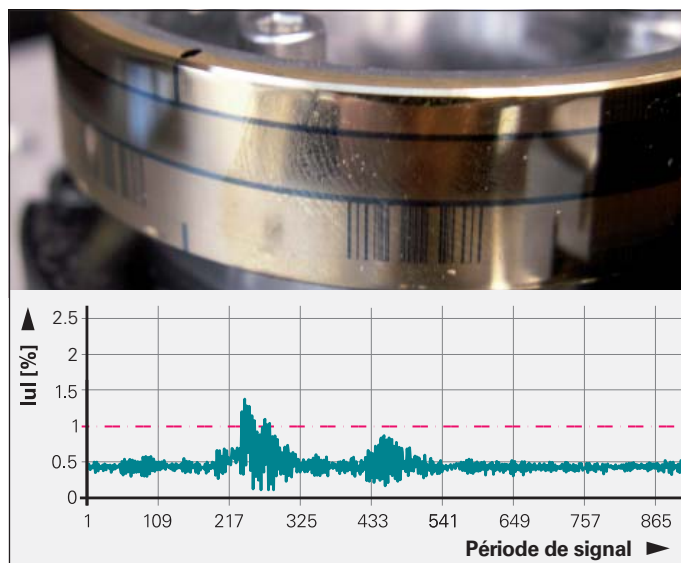
Faible sensibilité aux salissures

Outre l'excellente qualité du réseau de divisions, le procédé de balayage agit directement sur la précision et la fiabilité des systèmes de mesure. Les systèmes de mesure HEIDENHAIN fonctionnent avec un **balayage à un seul champ**. Les signaux sont générés à partir d'un seul champ de balayage. Les salissures locales sur le support de mesure (traces de doigt, résidus graisseux, etc.) agissent aussi bien sur l'intensité lumineuse des composantes du signal que sur les signaux de balayage. L'amplitude des signaux de sortie est certes modifiée, par contre l'offset et le déphasage ne varient pas. Les signaux de sortie peuvent toujours être fortement interpolés, avec des écarts de position restant faibles à l'intérieur d'une période de signal.

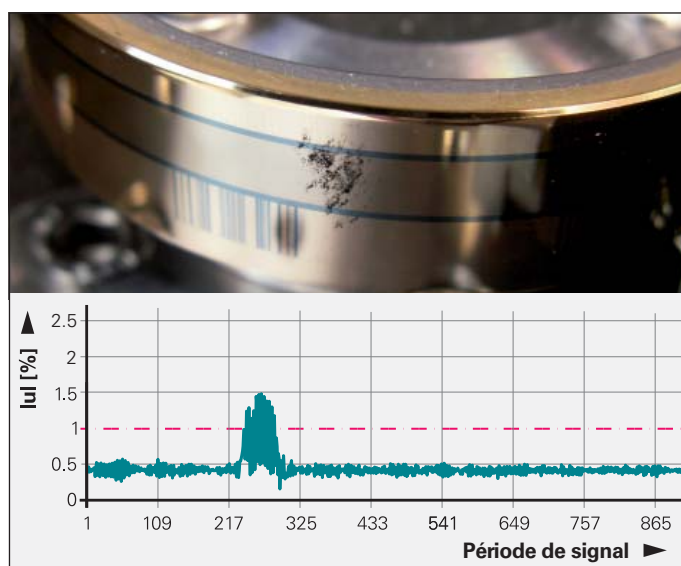
De plus, le **champ de balayage de grande dimension** réduit la sensibilité aux salissures. Un dysfonctionnement du système de mesure peut également être évité en cas de salissure. Les signaux créés sont de grande qualité, même en présence de salissures de 3 mm de diamètre (toner d'imprimante, poussières, eau ou huile).

Les erreurs de position sur un tour restent bien en dessous de la précision spécifiée.

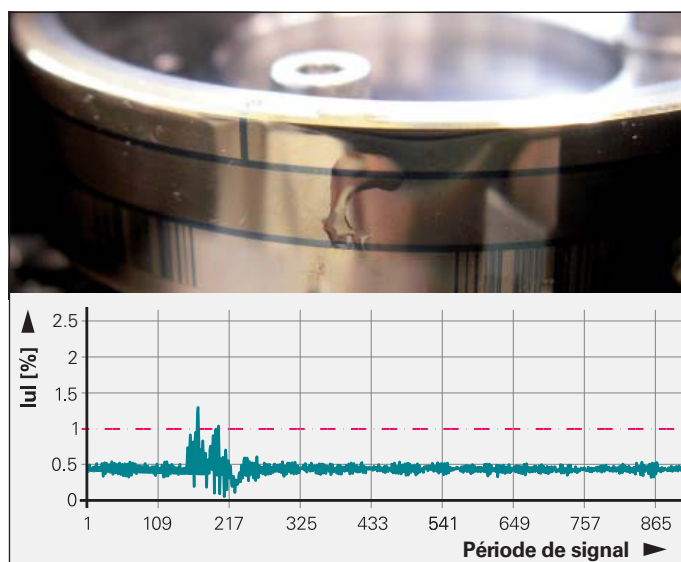
Les relevés figurant ci-contre indiquent les résultats des tests de salissures sur un ERA 4000. Les valeurs maximales de l'erreur de position sont représentées dans une période de signal $|u|$. La valeur spécifique de $\pm 1\%$ n'est que faiblement dépassée malgré l'importance des salissures.



Salissure due à des traces de doigts



Salissure due à de la poussière de toner



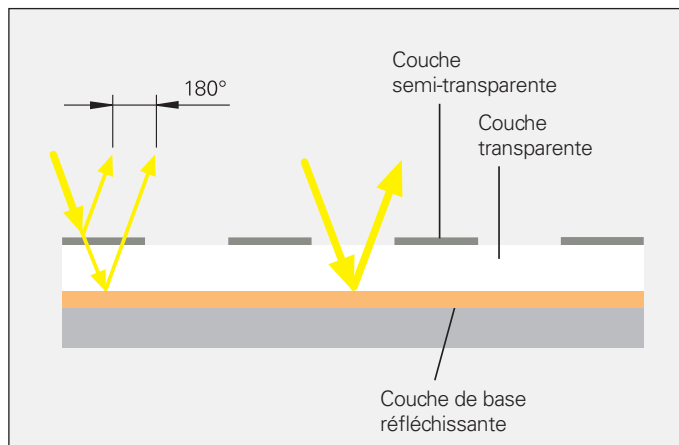
Salissure due à des gouttes d'eau

Supports de mesure résistants

Les systèmes de mesure angulaire sans roulement sont pourvus d'un support de mesure qui, de par sa conception ouverte, est soumis à d'importantes sollicitations. HEIDENHAIN utilise donc en général des réseaux de divisions robustes réalisés avec des procédés spéciaux.

Dans le cas du procédé DIADUR, les structures en chrome dur sont déposées sur un support en verre ou en acier.

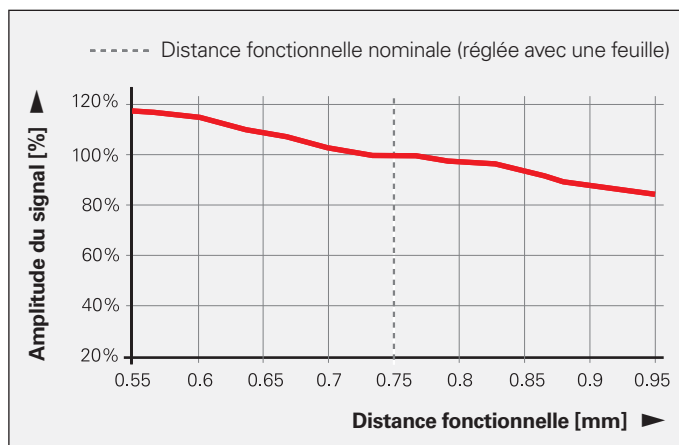
Pour le procédé METALLUR, une couche réfléchissante en or est pourvue d'une fine couche intermédiaire en verre. Celle-ci est recouverte d'un réseau de traits en chrome absorbant, d'une épaisseur de quelques nanomètres seulement, donc semi-transparentes. Les supports avec division METALLUR s'avèrent particulièrement robustes et insensibles aux salissures, car la faible hauteur des structures empêche pratiquement toute accumulation de poussières, de saletés ou de particules d'humidité.



Structure d'une division METALLUR

Tolérances de montage pratiques

Les tolérances de montage des systèmes de mesure angulaire sans roulement HEIDENHAIN n'agissent que très faiblement sur les signaux de sortie. Il est à noter que les fluctuations de la distance fonctionnelle entre le support de la division et la tête captrice ne modifient que légèrement l'amplitude du signal. Les erreurs de position dans une période de signal sont quasiment insignifiantes. Ce comportement est crucial pour la grande fiabilité des systèmes de mesure angulaire HEIDENHAIN.



Influence de la distance fonctionnelle sur l'amplitude du signal du ERA 4000

Structures mécaniques et montage

Informations générales

Les systèmes de mesure angulaire sans roulement se composent d'une tête captrice et d'un support de division. Le support de division peut correspondre à un ruban de mesure ou se présenter sous une forme massive (tambour gradué, disque gradué avec moyeu). Les composants sont guidés les uns par rapport aux autres essentiellement au moyen du guidage de la machine. Par conséquent, certaines conditions particulières sont à respecter lors de la conception de la machine :

- Le **montage** doit être conçu de manière à satisfaire - également pendant le service - aux exigences de précision de l'axe et aux tolérances fonctionnelles du système de mesure (voir *Spécifications techniques*).
- La **surface de montage** du support de division doit respecter les exigences de planéité, de circularité, de concentricité et de diamètre des différents systèmes de mesure.
- Pour simplifier le **réglage** de la tête captrice par rapport à la division, la tête doit être fixée au moyen d'une équerre de montage ou de butées correspondantes.

Tous les systèmes de mesure angulaire sans roulement qui sont dotés d'un **support de division massif** sont conçus de sorte que la précision spécifiée puisse être effectivement atteinte dans le cadre de l'application. Type de montage et concept de montage garantissent la meilleure reproductibilité possible.

Centrage de la division

Les divisions HEIDENHAIN étant ultra-précises, ce sont les erreurs de montage (essentiellement l'erreur d'excentricité) qui jouent surtout sur la précision globale. Dans la pratique, il existe différentes possibilités de centrage – en fonction du système et de la méthode de montage – pour minimiser l'erreur d'excentricité.

1. Colerette de centrage

Le support de la division est fretté ou glissé sur un arbre. Cette méthode simple demande toutefois une géométrie très précise de l'arbre.

2. Centrage en trois points

Le support de la division est centré au moyen de trois positions décalées de 120° qui sont marquées sur le support de la division. Une éventuelle erreur de circularité de la surface de centrage n'influence pas le réglage précis du centre de l'axe.

3. Centrage optique

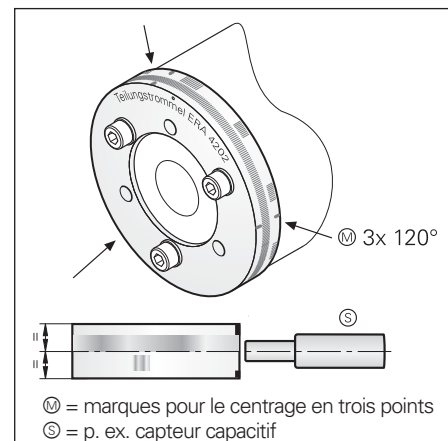
Les supports de division en verre sont fréquemment centrés à l'aide d'un microscope. Des arêtes de référence ou cercles de centrage précis sont rapportés sur les supports de division.

4. Centrage avec deux têtes captrices

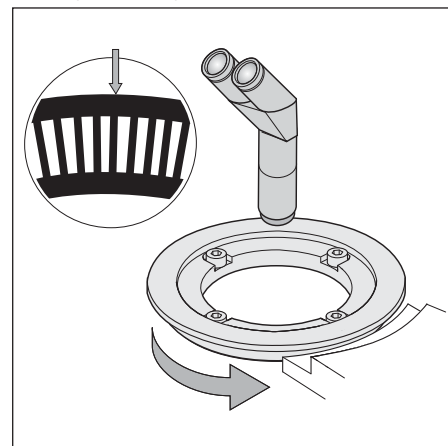
Cette méthode convient à tous les systèmes de mesure angulaire sans roulement qui sont pourvus d'un support de division massif. Comme les divisions HEIDENHAIN présentent dans l'ensemble une caractéristique d'erreur de grande longueur d'onde, et que la division ou encore la valeur de position sert de référence, cette méthode de centrage est la plus précise de toutes.

Têtes captrices

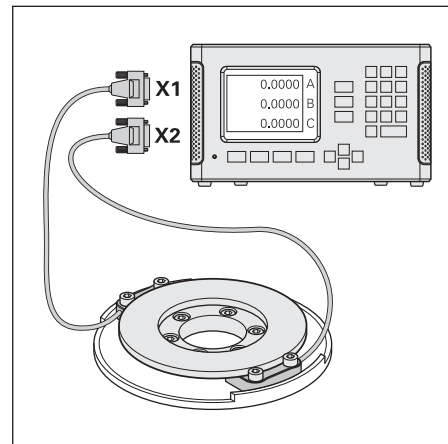
Le système de mesure angulaire sans roulement étant installé sur la machine, il est impératif que la tête captrice soit ajustée avec grande précision à l'issue du montage du support de division. La tête captrice doit être réglable dans cinq axes pour pouvoir être ajustée avec précision (voir figure). La conception des têtes captrices, leurs procédés de montage ainsi que les grandes tolérances de montage simplifient considérablement les réglages. Les systèmes ERA, par exemple, ne demandent au montage qu'un simple ajustage de la distance fonctionnelle à l'aide d'une feuille de réglage



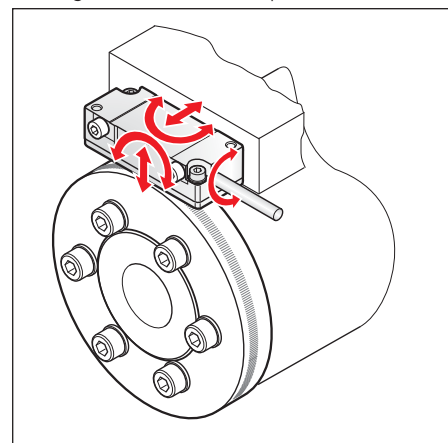
Centrage en trois points



Centrage optique



Centrage avec deux têtes captrices



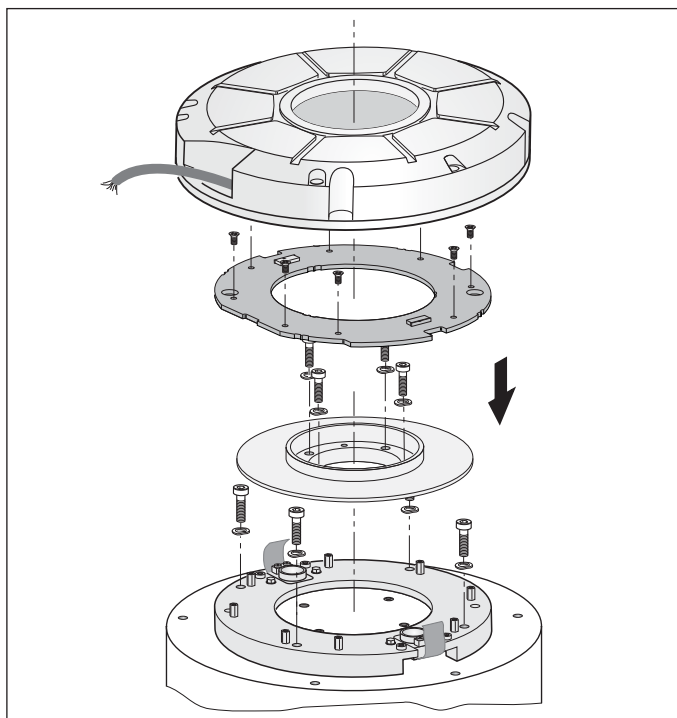
ERP 880

Le système de mesure angulaire encastrable ERP 880 est constitué d'une unité de balayage, d'un disque gradué avec moyeu et d'une platine. Pour le protéger contre les contacts accidentels ou les salissures, des capots sont proposés en accessoires.

Montage ERP 880

L'unité de balayage est tout d'abord montée sur un élément fixe de la machine et alignée à $\pm 1,5 \mu\text{m}$ sur l'arbre à mesurer. Le disque gradué avec son moyeu est ensuite vissé sur la face frontale de l'arbre et ajusté par rapport à l'unité de balayage en respectant une excentricité maximale de $\pm 1,5 \mu\text{m}$. Pour terminer, la platine est installée et connectée à l'unité de balayage. Le réglage précis s'effectue par "centrage électronique" à l'aide du PWM 9 (voir Équipements de contrôle *HEIDENHAIN*) et d'un oscilloscope. Un capot peut être monté sur le système de mesure ERP 880 pour le protéger des salissures.

Montage de
l'ERP 880
(principe)



Capot IP40

avec capot pour protection IP40
Câble 1 m avec prise d'accouplement
(mâle) 12 plots
ID 369774-01

Capot IP64

avec joint d'étanchéité d'arbre
pour protection IP64
Câble 1 m avec prise d'accouplement
(mâle) 12 plots
ID 369774-02



Structures mécaniques et montage

ERP 4080/ERP 8080

Les systèmes de mesure à encastrer ERP 4080 et ERP 8080 sont prévus pour des applications exigeant une haute précision et une résolution maximale. Ils fonctionnent suivant le principe de balayage interférentiel d'un réseau de phases. Ils se composent d'une tête caprice et d'un disque gradué avec moyeu.

Calcul de la cote de montage axiale

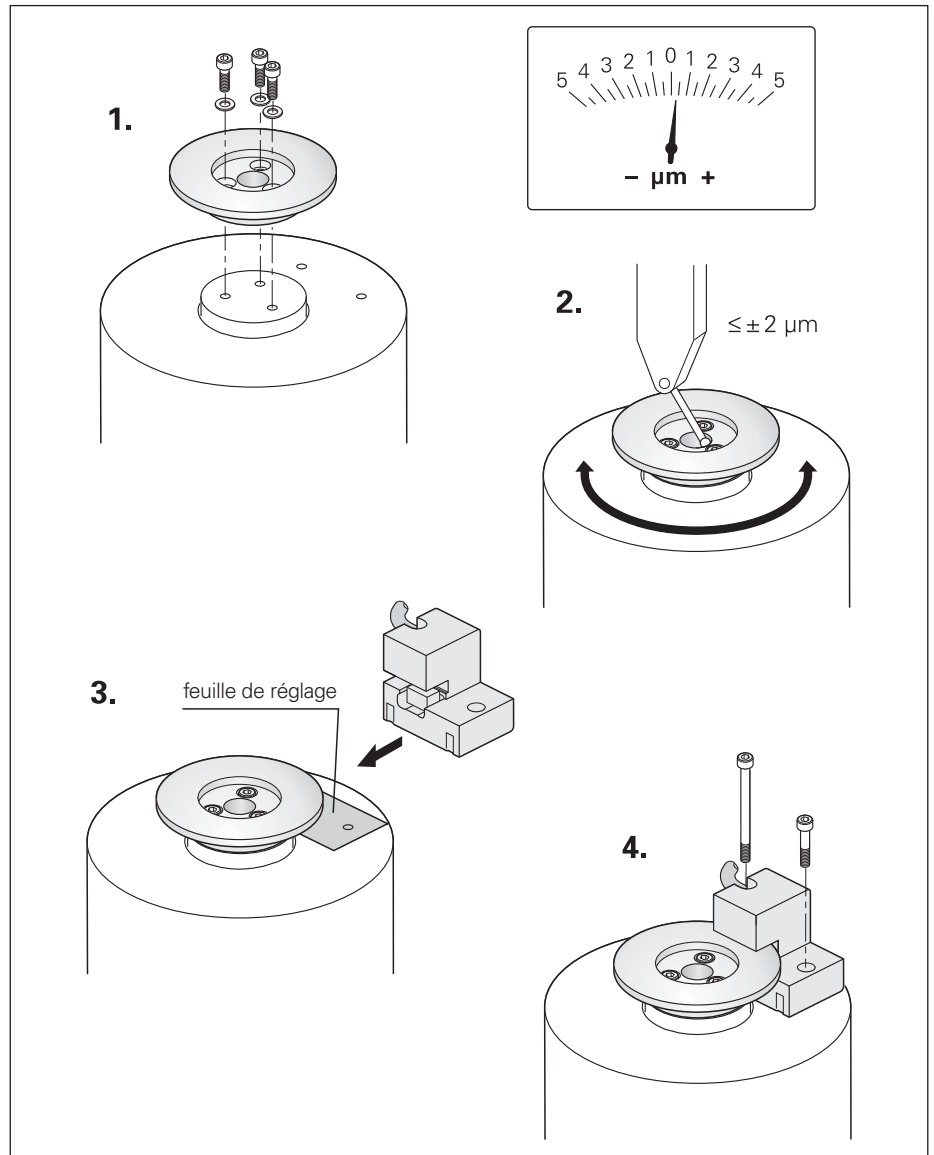
Pour obtenir la précision la plus élevée possible, il faut veiller à ce que l'erreur de battement de l'arbre et celle du disque gradué avec son moyeu ne se cumulent pas. Les positions de l'erreur de battement maximale et minimale du moyeu sont marquées. L'erreur de battement de l'arbre doit être mesurée pour déterminer la position maximale et minimale. Le disque gradué est ensuite monté avec le moyeu de telle sorte que l'erreur résiduelle de battement soit réduite au maximum.

Montage du disque gradué avec moyeu

Le disque gradué avec moyeu est glissé sur l'arbre moteur, centré sur le diamètre interne du moyeu et fixé par des vis. Le disque gradué peut être centré sur le diamètre intérieur du moyeu avec un comparateur. Le centrage peut être optique au moyen du cercle de centrage présent sur le disque gradué, ou électrique en utilisant deux têtes caprices montées diamétralement opposées.

Montage de la tête caprice

A l'aide de deux vis (ou de l'outil de montage) et des feuilles de réglage appropriées, la tête caprice est fixée sur la surface de montage de manière à pouvoir se déplacer. Elle est "ajustée électroniquement" à l'aide du PWM 9 ou du PWT 18 (voir *Kits de diagnostic HEIDENHAIN*). La tête caprice se règle en jouant sur sa position à l'intérieur des trous de fixation jusqu'à ce que les signaux de sortie atteignent une amplitude de $\geq 0,9 V_{CC}$.



Accessoires

Outil de montage

pour régler la tête caprice
ID 622976-02

Adaptateur pour palpeur de mesure

pour mesurer les tolérances de montage
ID 627142-01

Feuilles de réglage

pour régler la distance fonctionnelle

10 μm	ID 619943-01
20 μm	ID 619943-02
30 μm	ID 619943-03
40 μm	ID 619943-04
50 μm	ID 619943-05
60 μm	ID 619943-06
70 μm	ID 619943-07
80 μm	ID 619943-08
90 μm	ID 619943-09
100 μm	ID 619943-10

Jeu complet (un exemplaire de chaque
feuille de 10 μm à 100 μm) : ID 619943-11

ERO 6000, ERO 6100

Les systèmes de mesure angulaire à encastrer ERO 6000 et ERO 6100 sont composés d'une tête caprice et d'un disque gradué avec moyeu. Ces composants sont positionnés et ajustés les uns par rapport aux autres sur la machine.

Montage ERO 6000

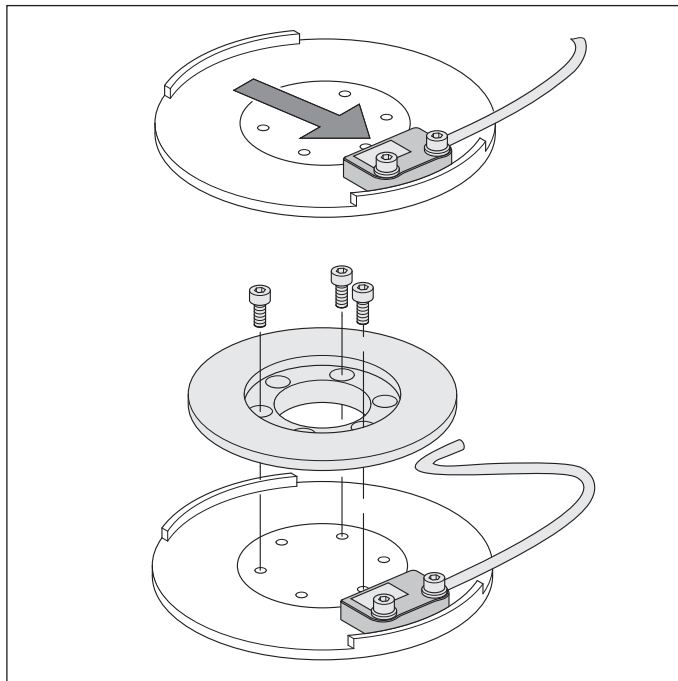
Une surface d'appui, côté client, d'un diamètre intérieur défini est conseillée pour monter facilement la tête caprice. Celle-ci est appliquée sur la surface de montage, et fixée avec deux vis. Un réglage supplémentaire est ainsi inutile. Le disque gradué (avec son moyeu) est ensuite fixé avec des vis sur la face frontale de l'arbre où il est centré soit électriquement, soit mécaniquement en trois points. La distance fonctionnelle entre la tête caprice et le disque gradué est déjà définie par la surface de montage – là également, pas de réglage supplémentaire.

Montage ERO 6100

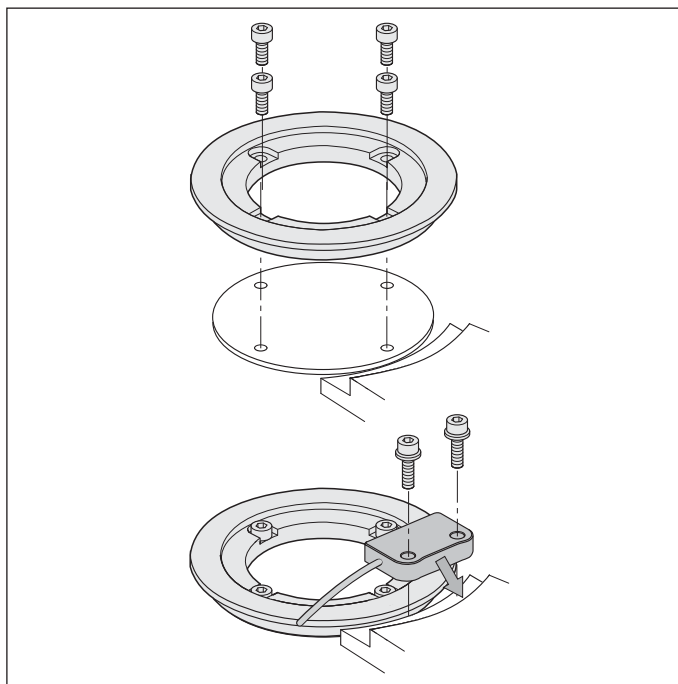
Le disque gradué avec son moyeu est monté sur l'arbre et fait l'objet d'un centrage optique. Pour monter facilement la tête caprice, il est conseillé d'utiliser une équerre de montage pouvant être réglée dans le sens axial et présentant une arrête d'appui d'un diamètre intérieur défini. La tête caprice est positionnée contre la surface d'appui de l'équerre de montage, et fixée par deux vis. La distance fonctionnelle entre la tête caprice et le disque gradué est réglée avec la feuille de réglage, puis l'équerre de montage est fixée.

Les signaux de sortie sont contrôlés avec le PWT. Le boîtier électronique APE 381 est nécessaire pour les ERO 6x80 (voir *Outils de contrôle HEIDENHAIN*).

Montage ERO 6000



Montage ERO 6100



Structures mécaniques et montage

Série ERA 4000

Les systèmes de mesure angulaire à encastrer ERA 4000 se composent d'un tambour gradué et d'une tête captrice.

Les **têtes captrices** de la série ERA 4000 présentent la particularité d'être très compactes. Les **tambours gradués** des ERA 4000 sont livrables dans différentes versions correspondant chacune à une application donnée. La version ERA 4x80 est disponible avec plusieurs périodes de division en fonction de la précision requise. Les différentes têtes captrices sont indiquées dans le tableau ci-contre. Des mesures particulières doivent être mises en œuvre pour protéger les ERA des salissures. Pour certains diamètres de tambour, les ERA 4480 sont aussi livrables avec un boîtier de pressurisation. Pour cela, une tête captrice spéciale (avec raccordement d'air comprimé) est nécessaire. Le boîtier de pressurisation correspondant au diamètre du tambour est à commander séparément.

Les systèmes de mesure angulaire à encastrer ERA sont conçus pour être montés rapidement sans réglages complexes.

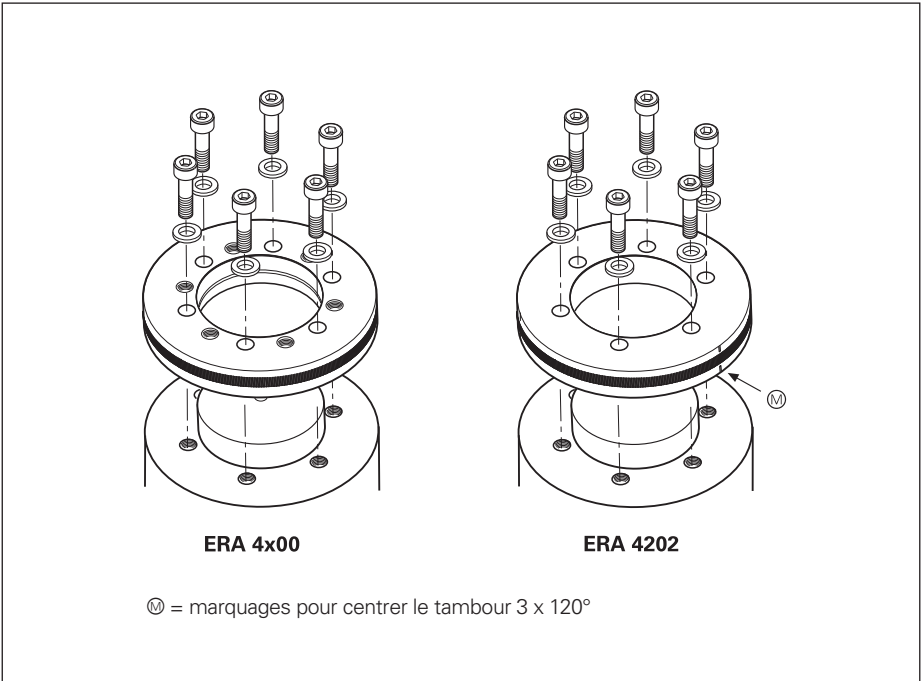
Montage du tambour gradué ERA 4x00

Le tambour gradué est glissé sur l'arbre moteur, fixé avec des vis et centré par une collerette située sur le diamètre intérieur du tambour. Il est donc inutile de régler le tambour. HEIDENHAIN recommande une légère surépaisseur de l'arbre pour pouvoir monter le tambour gradué. Il est possible de chauffer progressivement le tambour gradué jusqu'à 100 °C max. sur une plaque chauffante (pendant 10 min environ) avant de le monter.

Montage du tambour gradué ERA 4202

Le tambour gradué est centré au moyen de trois positions décalées de 120° sur le diamètre extérieur, et fixé par des vis. Les avantages du centrage en trois points et la structure massive du tambour permettent d'atteindre à l'issue du montage une précision très élevée sans avoir à effectuer de longs réglages. Les positions destinées au centrage sont marquées sur le tambour gradué.

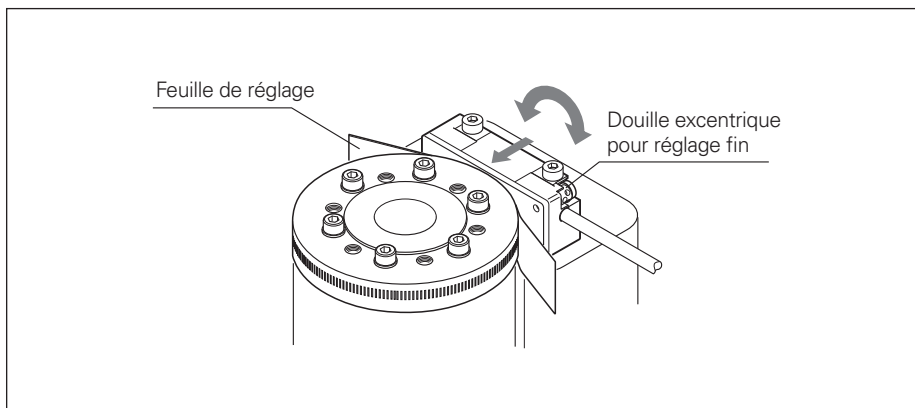
Application	Tambour gradué	Périodes de division	Type	Tête adaptée
Vitesses de rotation élevées	Collerette centrage	20 µm	ERA 4200	ERA 4280
		40 µm	ERA 4400	ERA 4480
		80 µm	ERA 4800	ERA 4880
Grandes précisions requises et vitesses de rotation élevées	Centrage en trois points	20 µm	ERA 4202	ERA 4280



Montage des tambours gradués

Montage de la tête caprice

Pour monter la tête caprice, la feuille de réglage est placée à la circonférence du tambour gradué. La tête caprice y est appliquée, puis vissée ; la feuille de réglage est ensuite retirée. Sur les systèmes de mesure ERA 4000 d'une période de division de 20 μm , on peut en outre effectuer un réglage fin du champ de balayage au moyen d'une douille excentrique.

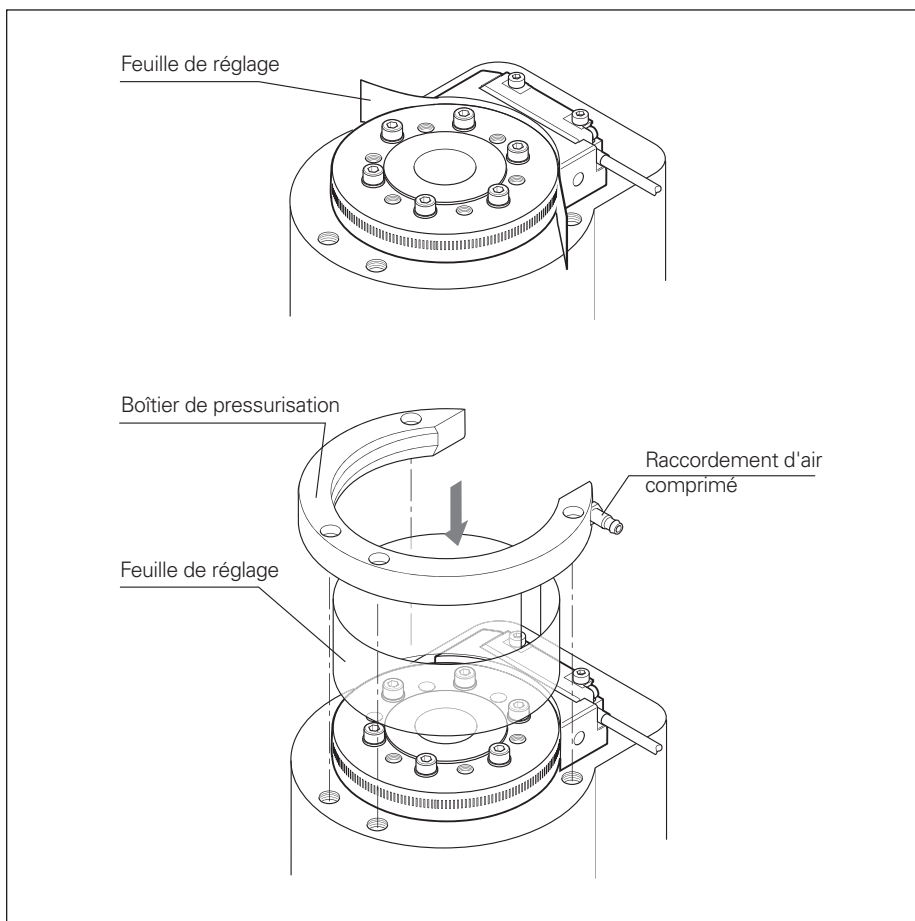


Montage de la tête caprice

Montage du boîtier de pressurisation

Pour certains diamètres, les systèmes de mesure angulaire à encastrer ERA 4480 sont livrables avec un boîtier de pressurisation. On accroît la protection contre les saletés en y injectant de l'air comprimé.

Le tambour gradué et la tête caprice sont montés comme indiqué précédemment. La feuille de réglage fournie spécialement avec le boîtier de pressurisation est posée autour du tambour gradué. Elle protège le tambour gradué pendant le montage du boîtier de pressurisation, et garantit un écart constant. Pour terminer, le boîtier de pressurisation est glissé pour recouvrir le tambour. Après fixation, la feuille de réglage est retirée. Remarques sur le raccordement d'air comprimé : voir *Informations mécaniques d'ordre général*.



Montage d'un ERA 4480 avec boîtier de pressurisation

Structures mécaniques et montage

Séries ERA 7000 et ERA 8000

Les systèmes de mesure angulaire des séries ERA 7000 et ERA 8000 se composent d'une tête captrice et d'un ruban de mesure monobloc en acier qui sert de support à la gravure. Ce ruban en acier est livrable dans des longueurs jusqu'à 30 m.

La fixation s'effectue

- pour la série ERA 7000, sur le **diamètre intérieur**
- pour la série ERA 8000, sur le **diamètre extérieur**

d'un élément de la machine.

Les systèmes de mesure angulaire ERA 74x0 C et ERA 84x0 C sont destinés à des **applications sur cercle entier**. Ils conviennent donc tout particulièrement aux arbres creux de grand diamètre intérieur (à partir de 400 mm environ) et aux applications qui requièrent une mesure précise sur une grande circonférence – p. ex. les grands plateaux circulaires et les télescopes.

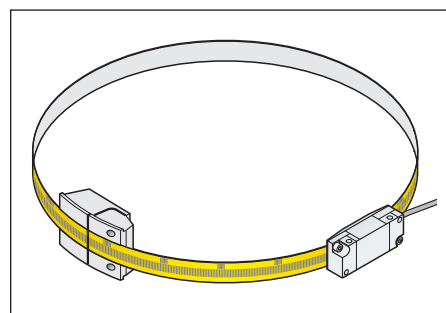
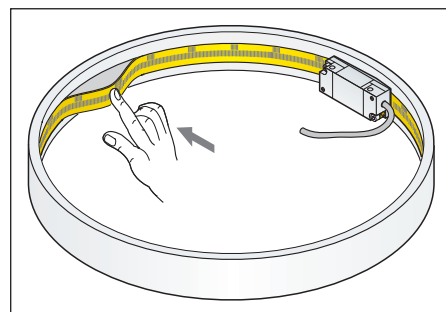
Pour les applications qui exigent de mesurer un simple segment de cercle, il existe des **versions segments de cercle**.

Montage du ruban de mesure pour les applications sur cercle entier

ERA 74x0 C : une **rainure intérieure** d'un diamètre défini est nécessaire pour monter le ruban de mesure. Celui-ci est appliqué à partir du point de jonction, puis comprimé dans la rainure. Sa longueur est telle qu'il se maintient de lui-même dans la rainure.

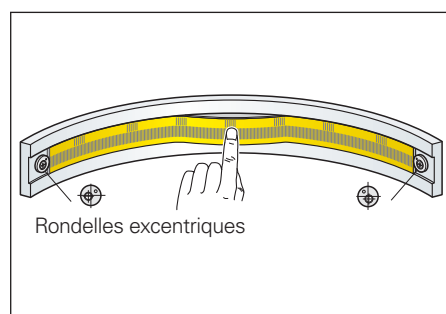
ERA 84x0 C : le ruban de mesure est livré avec des tendeurs pré-montés aux extrémités. Une **rainure extérieure** et un évidement pour le tendeur sont nécessaires au montage. Une fois inséré dans la rainure, le ruban de mesure est amené en butée à l'aide du tendeur.

Grâce à un usinage précis des deux extrémités du ruban, on ne constate pratiquement aucun écart angulaire et aucune altération de la forme des signaux au point de jonction. Le ruban est fixé ponctuellement avec de la colle à proximité de la jonction pour éviter qu'il ne glisse dans la rainure.

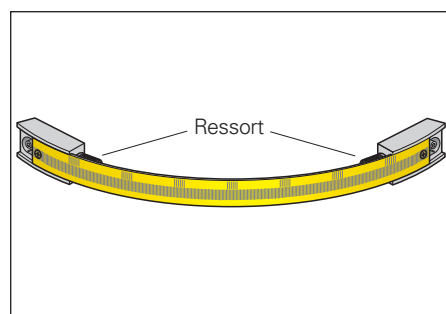


Montage du ruban de mesure sur les versions pour segments de cercle

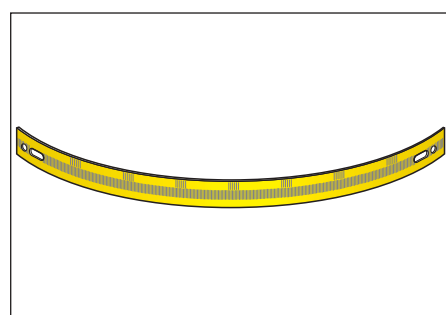
ERA 74x1 C : une rainure intérieure d'un diamètre donné est nécessaire pour loger le ruban. Les deux rondelles excentriques montées dans la rainure sont réglées de telle manière que le ruban de mesure sous tension se maintient de lui-même dans la rainure.



ERA 84x1 C : le ruban de mesure est livré avec les deux embouts pré-montés. Pour monter le ruban, il faut une rainure extérieure avec des évidements destinés aux embouts. Ces derniers sont pourvus de ressorts de tension qui servent à optimiser la précontrainte du ruban de mesure et à répartir uniformément la tension sur la longueur du ruban.



ERA 84x2 C : une rainure extérieure ou une butée axiale d'un côté est conseillée pour recevoir le ruban de mesure. Le ruban est livré sans tendeurs. Pour monter le ruban, il faut le précontraindre avec une balance à ressort et le visser en se servant des deux trous oblongs.



Calcul du diamètre d'appui

La circonférence doit être un multiple de 1000 périodes de division pour garantir la fonction des marques de référence à distances codées. La relation entre le diamètre d'appui et le nombre de traits figure dans le tableau ci-contre.

Définition de l'angle du segment

Sur les versions mesurant un segment de cercle, l'angle servant de plage de mesure doit être un multiple de 1000 périodes de division. De même, la circonférence du cercle entier théorique doit correspondre à un multiple de 1000 périodes de division, car cela simplifie souvent l'adaptation à la commande CN.

Montage de la tête caprice

Pour monter la tête caprice, la feuille de réglage est posée à la circonférence du tambour gradué. La tête caprice y est appliquée, puis vissée ; la feuille de réglage est ensuite retirée. Le champ de balayage peut être réglé avec précision au moyen d'une douille excentrique.

Contrôle des signaux de sortie à la jonction du ruban de mesure

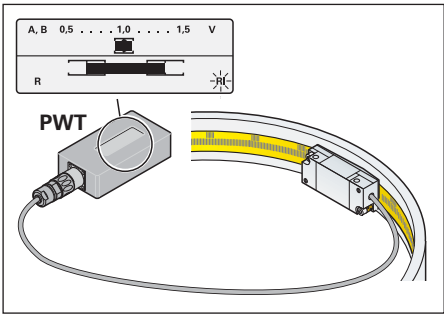
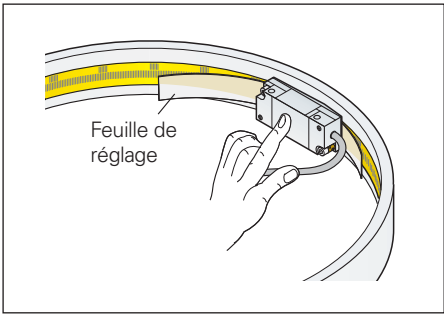
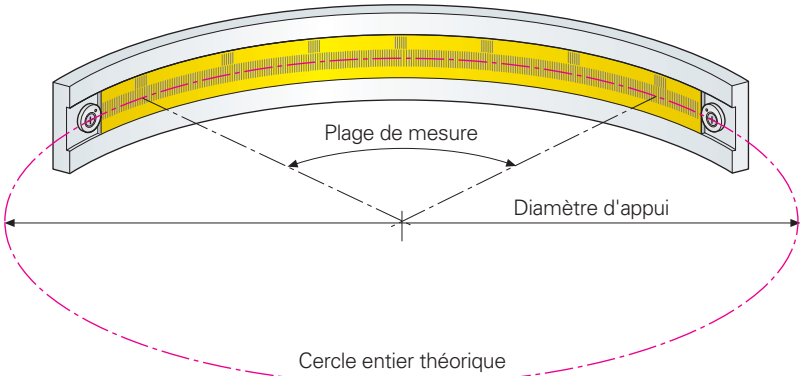
Il faut contrôler les signaux de sortie à la jonction du ruban de mesure – avant même le durcissement de la colle – afin de s'assurer que le ruban des ERA 74x0 C et ERA 84x0 C a été monté correctement.

Le phasemètre PWT de HEIDENHAIN sert à contrôler les signaux de sortie. Tandis que la tête caprice longe le ruban de mesure, le PWT permet de visualiser la qualité des signaux ainsi que la position des marques de référence.

Le phasemètre PWM 9 affiche quantitativement les écarts des signaux de sortie par rapport au signal idéal (voir *Outils de mesure HEIDENHAIN*).

	Diamètre d'appui en mm	Plage de mesure en degrés des versions pour segments de cercle
ERA 7000 C	$n \cdot 0,01273112 + 0,3$	$n_1 \cdot 4,583204 : (D - 0,3)$
ERA 8000 C	$n \cdot 0,0127337 - 0,3$	$n_1 \cdot 4,584121 : (D + 0,3)$

n = nombre de traits sur le cercle entier ; n₁ = nombre de traits sur la plage de mesure
D = diamètre d'appui [mm]



Informations mécaniques d'ordre général

Indice de protection

Sur les systèmes de mesure angulaire **sans roulement**, la protection requise contre les salissures et les contacts accidentels doit être assurée par du matériel adapté (joints en labyrinthe, par exemple) qui sera à installer au moment du montage.

Sauf indication contraire, tous les systèmes de mesure angulaire **avec roulement** RCN, RON, RPN et ROD sont conformes à l'indice de protection IP67 selon EN 60 529 ou IEC 60 529 pour le boîtier et la sortie du câble ou IP64 pour l'entrée de l'arbre.

Certaines versions des systèmes de mesure angulaire ERA 4480 dont le tambour peut atteindre un diamètre intérieur de 180 mm sont livrables en option avec un anneau de protection pour pressurisation. L'injection d'air légèrement comprimé permet d'améliorer la protection de ces systèmes contre les salissures.

L'air comprimé injecté directement dans les systèmes de mesure doit être purifié dans un microfiltre et être conforme aux classes de qualité suivantes selon **ISO 8573-1** (édition 2010) :

- impuretés solides : **classe 1**
taille et nombre de particules par m³
0,1 µm à 0,5 µm ≤ 20 000
0,5 µm à 1,0 µm ≤ 400
1,0 µm à 5,0 µm ≤ 10
- point de rosée sous pression max. : **classe 4**
(point de rosée à 3 °C)
- teneur totale en huile : **classe 1**
(concentration max. en huile 0,01 mg/m³)

Le débit d'air nécessaire à la pressurisation optimale d'un système de mesure angulaire avec roulement doit être de 1 à 4 l/min. L'idéal est d'utiliser des raccords HEIDENHAIN avec réducteur intégré (voir *Accessoires*) pour réguler le débit d'air. Les réducteurs garantissent le débit d'air requis avec une pression à l'entrée d'environ $1 \cdot 10^5$ Pa (1 bar).

Accessoires :

Dispositif de pressurisation DA 400 ID 894602-01

DA 400

Pour purifier l'air comprimé, HEIDENHAIN propose le dispositif de filtrage DA 400. Celui-ci est conçu spécialement pour raccorder l'air comprimé aux systèmes de mesure.

Le DA 400 comprend trois niveaux de filtrage (préfiltre, filtre fin et filtre au charbon actif) ainsi qu'un pressostat avec manomètre. Le manomètre et le pressostat (disponibles comme accessoires) assurent un contrôle efficace de l'air pressurisé.

En matière d'impuretés, l'air comprimé injecté dans le DA 400 doit être conforme aux classes de qualité suivantes, selon ISO 8573-1 (édition 2010) :

- impuretés solides : **classe 5**
taille et nombre de particules par m³
0,1 µm à 0,5 µm non spécifié
0,5 µm à 1,0 µm non spécifié
1,0 µm à 5,0 µm ≤ 100 000
- point de rosée sous pression max. : **classe 6**
(point de rosée à 10 °C)
- teneur totale en huile : **classe 4**
(concentration max. en huile 5 mg/m³)

Composants nécessaires pour raccorder les systèmes de mesure angulaire :

raccord droit

avec réducteur et joint
ID 226270-xx

raccord droit, court

avec réducteur et joint
ID 275239-xx

raccord à vis M5 orientable

avec joint
ID 207834-xx



Pour de plus amples informations, consulter l'information produit DA 400.

Plage de température

Les systèmes de mesure angulaire sont contrôlés à une **température de référence** de 22 °C. La précision du système indiquée sur le procès-verbal de mesure est valable à cette température.

La **plage de température de service** indique les limites de température ambiante à l'intérieur desquelles fonctionnent les systèmes de mesure angulaire.

La **plage de température de stockage** de -30 à 80 °C est valable pour l'appareil dans son emballage (ERP 4080/ERP 8080 : 0 à 60 °C).

Protection contre les contacts accidentels

Au terme du montage, les pièces en rotation doivent être suffisamment protégées pour éviter tout contact accidentel.

Accélérations

Pendant le montage et le service, les systèmes de mesure angulaire sont soumis à différents types d'accélérations.

- Les valeurs limites de **résistance aux vibrations** sont conformes à la norme EN 60 068-2-6.
- Les valeurs d'accélération maximales admissibles (choc semi-sinusoïdal) spécifiées pour la **résistance aux chocs et collisions** sont valables pour une durée de 6 ms (EN 60 068-2-27).

L'utilisation d'un maillet ou de tout autre outil similaire, pour p. ex. ajuster le système de mesure, est à proscrire.

Vitesses de rotation

Les vitesses de rotation max. des systèmes de mesure angulaire de la série ERA 4000 ont été définies conformément à la directive FKM. Reflet de l'état actuel de la technique, cette directive permet d'évaluer la résistance des composants en tenant compte de tous les facteurs pertinents. Les exigences en matière de résistance (10^7 cycles d'effort) sont prises en compte dans le calcul des vitesses de rotation admissibles. Le montage jouant un rôle essentiel, il est impératif de respecter toutes les données et consignes figurant dans les Spécifications techniques et les instructions de montage afin de garantir la validité de la vitesse de rotation.

Pièces d'usure

Les systèmes de mesure HEIDENHAIN sont conçus pour une longue durée de vie. Une maintenance préventive n'est pas nécessaire. Néanmoins, ces systèmes comportent des composants soumis à une usure qui dépend de l'utilisation et de la manipulation. C'est le cas notamment des câbles soumis à une courbure fréquente. Ce risque d'usure concerne également les roulements des systèmes à roulement intégré, les joints d'étanchéité de l'arbre sur les capteurs rotatifs et les systèmes de mesure angulaire, ainsi que les lèvres d'étanchéité des systèmes cartésiens de mesure linéaire.

Tests du système

Les systèmes de mesure HEIDENHAIN sont souvent intégrés comme composants dans des systèmes globaux. Dans ce cas, et indépendamment des spécifications du système de mesure, il est impératif d'effectuer des **tests détaillés de l'ensemble du système**.

Les caractéristiques techniques de ce catalogue ne sont valables que pour le système de mesure et non pour l'ensemble du système. Toute utilisation du système de mesure en dehors de la plage spécifiée, ou non conforme à sa destination, engage la seule responsabilité de l'utilisateur.

Montage

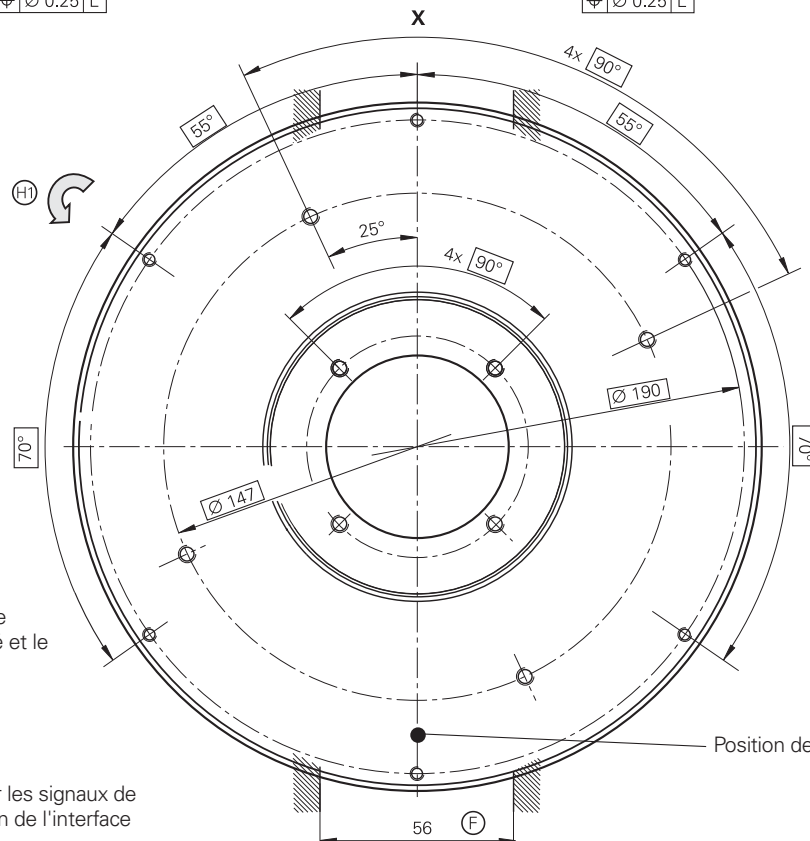
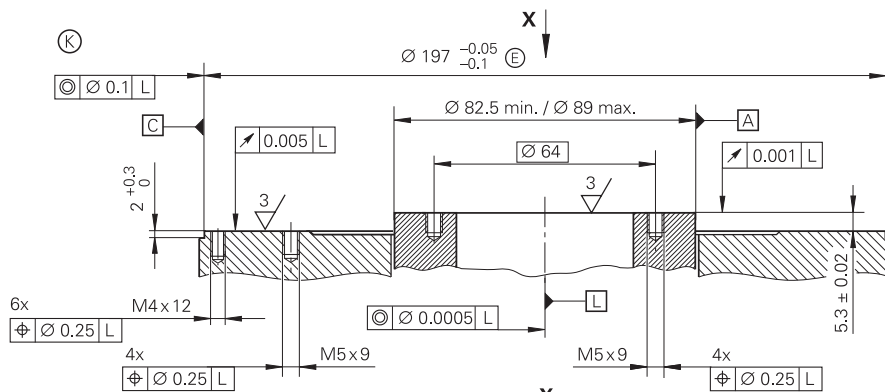
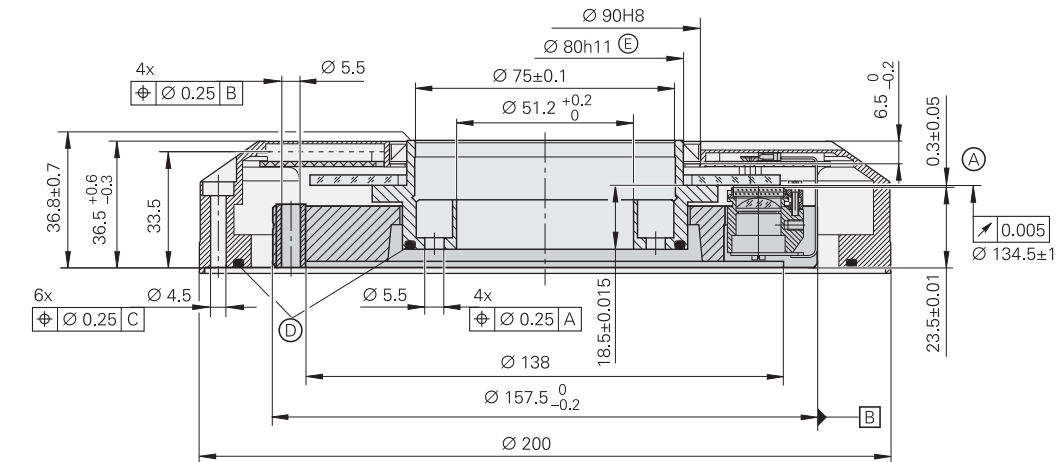
Les étapes de montage et les cotes à respecter figurent dans le manuel de montage livré avec l'appareil. Les données relatives au montage mentionnées dans ce catalogue ne sont donc fournies qu'à titre indicatif et provisoire ; elles ne sont pas contractuelles.

DIADUR, AURODUR et METALLUR sont des marques déposées de la société DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH, Traunreut.

ERP 880

Système de mesure angulaire incrémentale de très haute précision

- résolution élevée
- boîtier de protection comme accessoire



mm



Tolerancing ISO 8015

ISO 2768 - m H

< 6 mm: ±0.2 mm

Câble radial, utilisation axiale possible

Ⓐ = distance entre le disque gradué et le réticule de balayage

Ⓛ = axe de rotation du roulement

Ⓢ = cotes de montage côté client

ⓔ = espace libre pour maintenance

Ⓢ = joint d'étanchéité

Ⓢ = sens de rotation de l'arbre pour les signaux de sortie, conforme à la description de l'interface

Position de balayage A

		ERP 880	
Support de mesure		Réseau de phases DIADUR sur verre	
Périodes de signal		180 000	
Précision de la gravure		± 0,9"	
Écarts de position par période de signal ¹⁾		± 0,1"	
Marques de référence		une	
Diamètre intérieur du moyeu		51,2 mm	
Vitesse rotation méc. adm.		≤ 1000 min ⁻¹	
Moment d'inertie du rotor		1,2 · 10 ⁻³ kgm ²	
Déplacement axial adm. de l'arbre moteur		≤ ± 0,05 mm	
Interface		~ 1 V _{CC}	
Fréquence limite		-3 dB	≥ 800 kHz
		-6 dB	≥ 1,3 MHz
Raccordement électrique		avec boîtier : câble 1 m, avec prise d'accouplement M23 sans boîtier : via connecteur de platine 12 plots (câble adaptateur ID 372164-xx)	
Longueur de câble		≤ 150 m (avec câble HEIDENHAIN)	
Alimentation en tension		5 V CC ± 0,5 V	
Consommation en courant		≤ 250 mA (sans charge)	
Vibrations 55 à 2000 Hz		≤ 50 m/s ² (EN 60068-2-6)	
Choc 6 ms		≤ 1000 m/s ² (EN 60068-2-27)	
Température de service		0 à 50 °C	
Indice de protection* EN 60529		sans boîtier : IP00	avec boîtier : IP40 avec boîtier et joint pour étancher l'arbre : IP64
Couple au démarrage		– 0,25 Nm	
Poids		3,0 kg	3,1 kg avec boîtier

* à préciser à la commande

¹⁾ L'écart de position dans une période de signal et la précision de la division permettent d'obtenir les écarts spécifiques au système de mesure. Pour les autres écarts relevant du montage de l'arbre à mesurer, voir *Précision de mesure*.

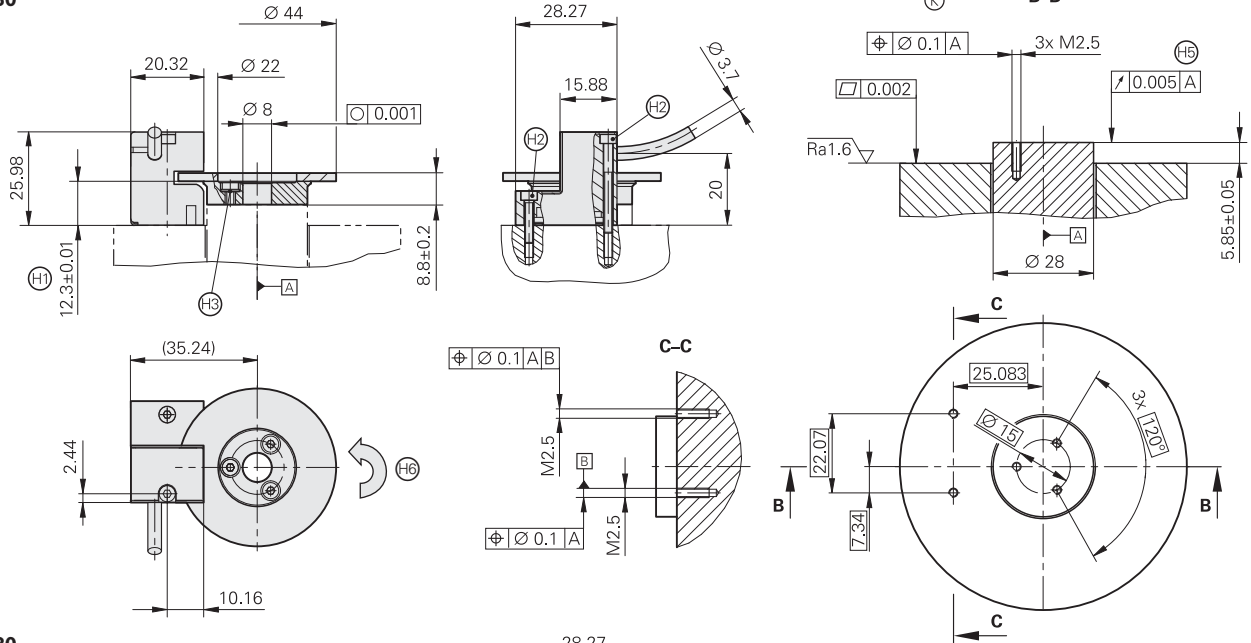
ERP 4080/ERP 8080

Système de mesure angulaire incrémentale de haute précision

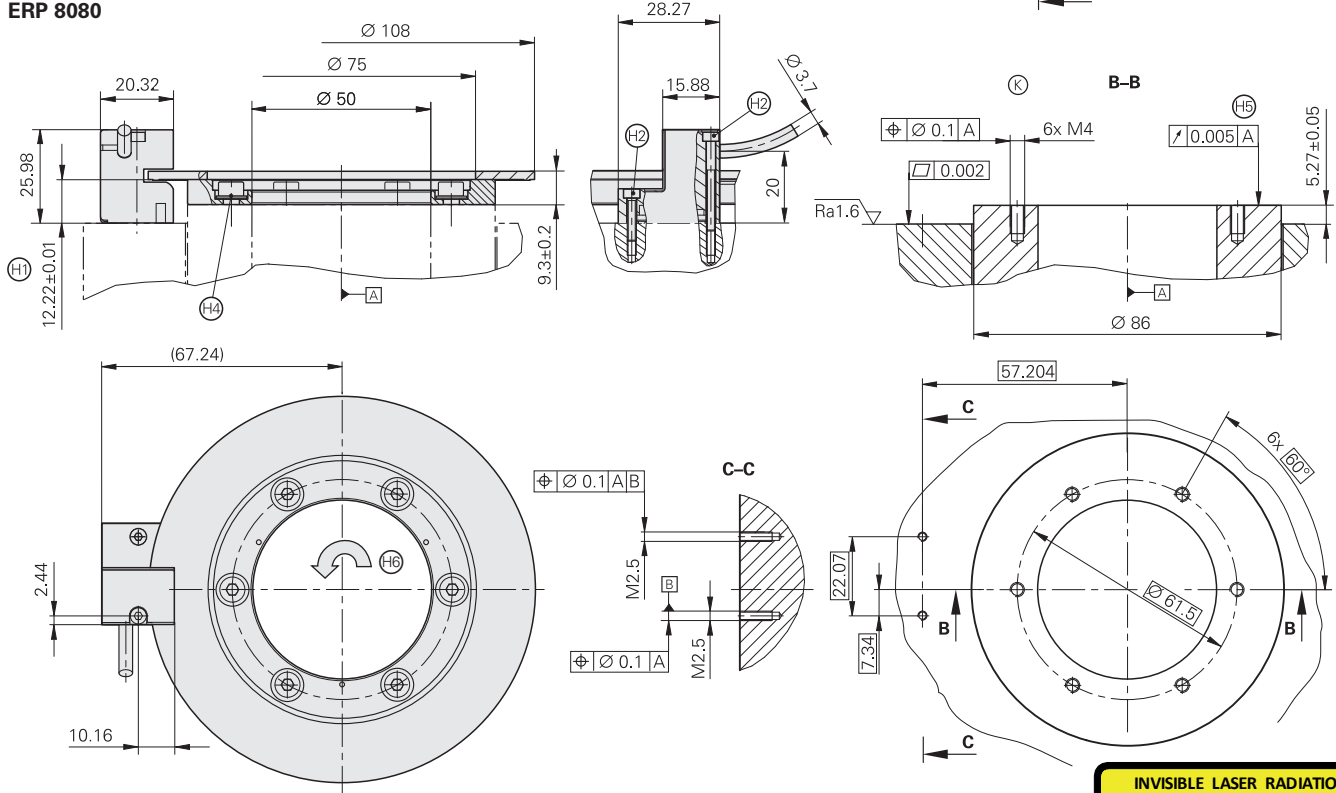
- résolution très élevée
- constitué d'une tête caprice et d'un disque gradué sur moyeu



ERP 4080

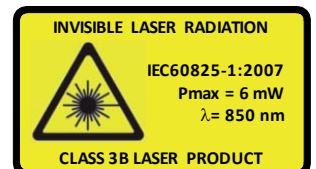


ERP 8080



mm
 Tolerancing ISO 8015
 ISO 2768 - m H
 < 6 mm: ±0.2 mm

- Ⓐ = roulement
- Ⓢ = cotes de montage côté client
- Ⓜ = distance fonctionnelle réglée avec la feuille
- Ⓜ = vis cylindrique ISO 4762-A2-M2.5
- Ⓜ = vis cylindrique ISO 4762-A2-M2.5 et rondelle ISO 7089-2.5-140HV-A2
- Ⓜ = vis cylindrique ISO 4762-A2-M4 et rondelle ISO 7089-4-140HV-A2
- Ⓜ = surface d'appui non convexe
- Ⓜ = sens de rotation de l'arbre pour les signaux de sortie, conforme à la description de l'interface



Tête caprice	AK ERP 4080	AK ERP 8080
Interface	$\sim 1 V_{CC}$	
Fréquence limite -3 dB	≥ 250 kHz	
Raccordement électrique	câble 1 m avec prise Sub-D 15 plots	
Longueur de câble	≤ 30 m (avec câble HEIDENHAIN)	
Alimentation en tension	5 V CC $\pm 0,25$ V	
Consommation en courant	≤ 150 mA (sans charge)	
Laser	<i>Tête caprice et cercle gradué montés : classe 1</i> <i>Tête caprice non montée : classe 3B</i> <i>Diode laser utilisée : classe 3B</i>	
Vibrations 55 à 2000 Hz Choc 6 ms	≤ 50 m/s ² (EN 60068-2-6) ≤ 500 m/s ² (EN 60068-2-27)	
Température de service	15 à 40 °C	
Poids	env. 33 g (sans câble)	

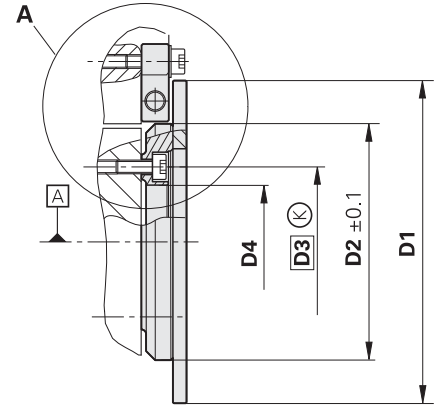
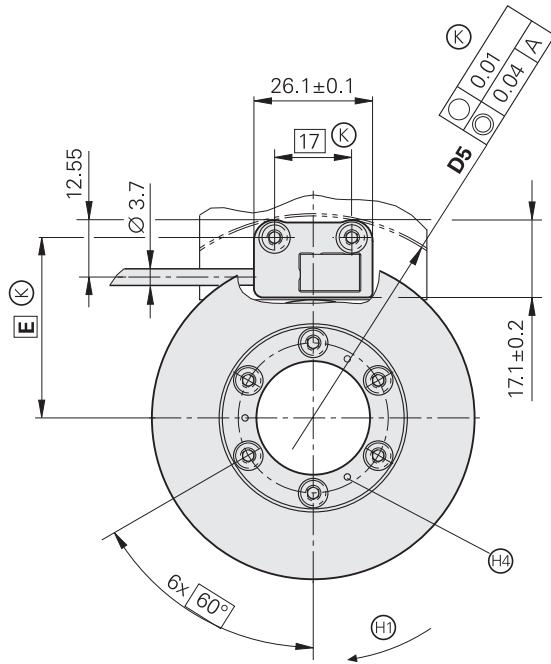
Disque gradué	TKN ERP 4080	TKN ERP 8080
Support de mesure	Réseau de phases sur verre	
Périodes de signal	131 072	360 000
Précision de la gravure	$\pm 2''$	$\pm 1''$
Écarts de position par période de signal ¹⁾	$\pm 0,1''$	$\pm 0,05''$
Marques de référence	aucune	
Diamètre intérieur du moyeu	8 mm	50 mm
Vitesse rotation méc. adm.	≤ 300 min ⁻¹	≤ 100 min ⁻¹
Moment d'inertie du rotor	$5 \cdot 10^{-6}$ kgm ²	$250 \cdot 10^{-6}$ kgm ²
Déplacement axial adm. de l'arbre moteur	$\leq \pm 0,01$ mm (y compris nutation)	
Indice protection EN 60529	IP00 (pour application en salle blanche)	
Poids	env. 36 g	env. 180 g

¹⁾ L'écart de position dans une période de signal et la précision de la division permettent d'obtenir les écarts spécifiques au système de mesure. Pour les autres écarts relevant du montage de l'arbre à mesurer, voir *Précision de mesure*.

Série ERO 6000

Système de mesure angulaire incrémentale de très haute précision

- forme compacte
- poids réduit et faible moment d'inertie
- constitué d'une tête caprice et d'un disque gradué sur moyeu



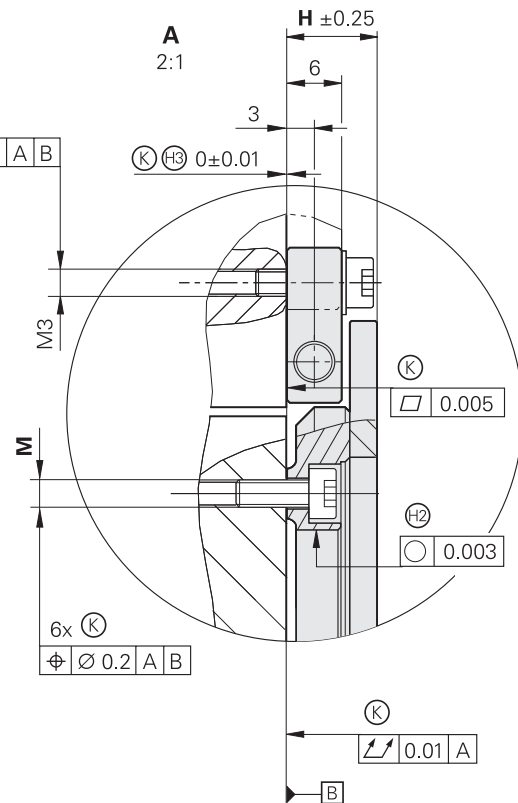
D1	D2	D3	D4	D5	E	H	M
Ø 71	Ø 52	Ø 33	Ø 25H6	Ø 88.9H6	39.7	9.9	M3
Ø 150	Ø 130	Ø 107	Ø 95 ^{+0.015} ₀	Ø 166H6	78.7	10.2	M4

Tolerancing ISO 8015

ISO 2768 - m H

< 6 mm: ±0.2 mm

- = roulement
 ⊕ = cotes de montage côté client
 ⊕ = sens de rotation positif
 ⊕ = collerette de centrage
 ⊕ = tolérance de montage entre surface de montage tête caprice et moyeu du disque
 ⊕ = marques pour centrer le disque gradué (3x120°)



Tête caprice		AK ERO 6080	AK ERO 6070		
Interface		 1 V _{CC}	 TTL x 5	 TTL x 10	 TTL x 50
Signal de référence		impulsion rectangulaire			
Interpolation intégrée*		–	5 fois	10 fois	50 fois
Fréquence limite –3 dB		≥ 200 kHz	–	–	–
Fréquence de balayage		–	≤ 200 kHz	≤ 100 kHz	≤ 25 kHz
Écart a entre les fronts		–	≥ 0,220 μs	≥ 0,220 μs	≥ 0,175 μs
Raccordement électrique		câble 3 m avec prise Sub-D (mâle) 15 plots ; pour ERO 6070 électronique d'interface dans la prise			
Longueur de câble		≤ 30 m			
Alimentation en tension		5 V CC ± 0,25 V			
Consommation en courant		< 100 mA (sans charge)	< 200 mA (sans charge)		
Vibrations 55 à 2000 Hz Choc 6 ms		≤ 200 m/s ² (EN 60068-2-6) ≤ 500 m/s ² (EN 60068-2-27)			
Température de service		0 à 50 °C			
Poids	Tête caprice Prise Câble	env. 6 g (sans câble) env. 32 g env. 22 g/m	env. 6 g (sans câble) env. 140 g env. 22 g/m		

Disque gradué	TKN ERO 6000	
Support de mesure	Division METALLUR sur verre	
Périodes de signal*	9000	18000
Précision de la gravure	$\pm 5''$	$\pm 3,5''$
Écarts de position par période de signal¹⁾	$\pm 2''$	$\pm 1''$
Marques de référence	une	
Diamètre intérieur du moyeu	25 mm	95 mm
Diamètre extérieur du disque gradué	71 mm	150 mm
Vitesse rotation méc. adm.	$\leq 1600 \text{ min}^{-1}$	$\leq 800 \text{ min}^{-1}$
Moment d'inertie	$44 \times 10^{-6} \text{ kgm}^2$	$1,1 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$
Déplacement axial admissible	$\leq 0,1$ mm	
Indice protection EN 60529	IP00	
Poids	env. 84 g	env. 323 g

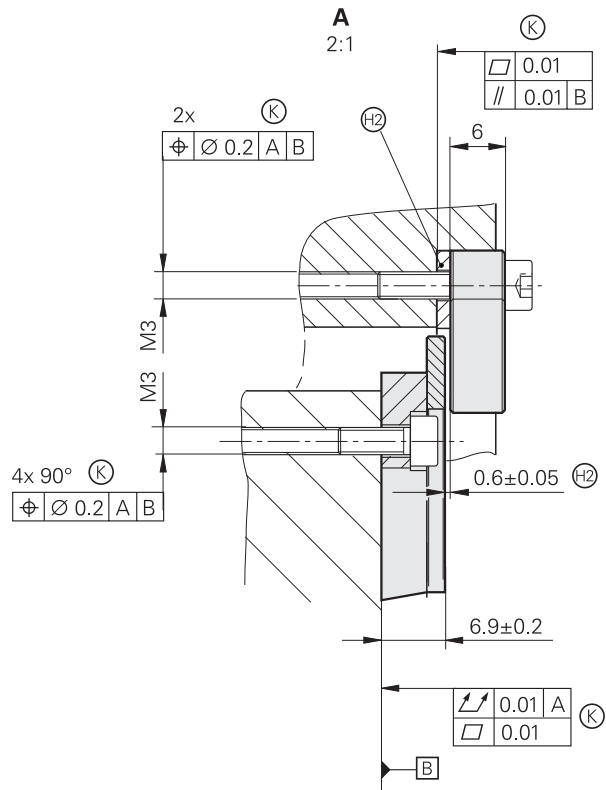
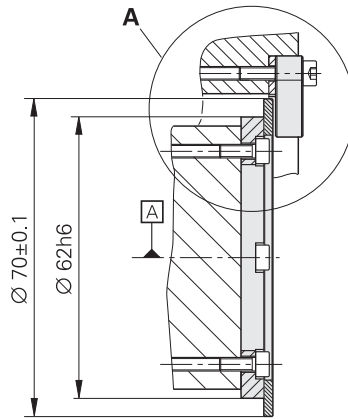
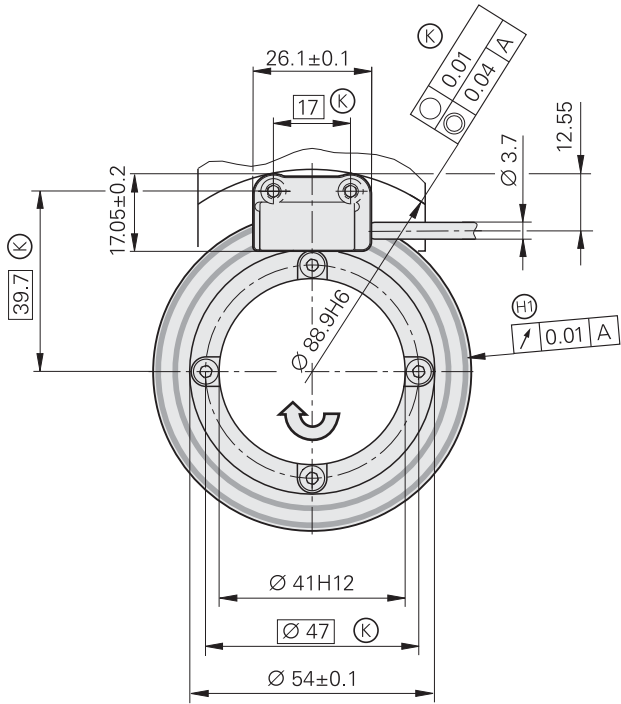
* à préciser à la commande

¹⁾ L'écart de position dans une période de signal et la précision de la division permettent d'obtenir les écarts spécifiques au système de mesure. Pour les autres écarts relevant du montage de l'arbre à mesurer, voir *Précision de mesure*.

ERO 6180

Systeme de mesure angulaire incrémentale

- forme compacte
- poids réduit et faible moment d'inertie
- constitué d'une tête caprice et d'un disque gradué sur moyeu



mm



Tolerancing ISO 8015
ISO 2768 - m H
< 6 mm: ± 0.2 mm

-  = roulement
 = cotes de montage côté client
 = centrage client du disque gradué avec moyeu d'après la division
 = régler la distance fonctionnelle avec la plaque de réglage
 sens de déplacement de la tête caprice pour les signaux de sortie, conforme à la description de l'interface

Tête captrice	AK ERO 6180	
Interface	$\sim 1 V_{CC}$	
Signal de référence	impulsion rectangulaire	
Fréquence limite –3 dB	≥ 200 kHz	
Raccordement électrique	câble 3 m avec prise Sub-D (mâle) 15 plots	
Longueur de câble	≤ 30 m	
Alimentation en tension	5 V CC $\pm 0,25$ V	
Consommation en courant	< 100 mA (sans charge)	
Vibrations 55 à 2000 Hz Choc 6 ms	$\leq 200 \text{ m/s}^2$ (EN 60 068-2-6) $\leq 500 \text{ m/s}^2$ (EN 60 068-2-27)	
Température de service	0 à 50 °C	
Poids	Tête captrice Prise Câble	env. 6 g (sans câble) env. 32 g env. 22 g/m

Disque gradué	TKN ERO 6100	
Support de mesure	Division chrome sur verre	
Périodes de signal	4096	
Précision de la gravure	$\pm 10''$	
Écarts de position par période de signal¹⁾	$\pm 5''$	
Marques de référence	une	
Diamètre intérieur du moyeu	41 mm	
Diamètre extérieur du disque gradué	70 mm	
Vitesse rotation méc. adm.	$\leq 3500 \text{ min}^{-1}$	
Moment d'inertie	$50 \times 10^{-6} \text{ kgm}^2$	
Déplacement axial admissible	$\leq 0,1$ mm	
Indice protection EN 60529	IP00	
Poids	env. 71 g	

¹⁾ L'écart de position dans une période de signal et la précision de la division permettent d'obtenir les écarts spécifiques au système de mesure. Pour les autres écarts relevant du montage de l'arbre à mesurer, voir *Précision de mesure*.

ERA 4280C, ERA 4480C, ERA 4880C

Système de mesure angulaire incrémentale de très haute précision

- tambour gradué en acier avec collerette de centrage
- anneau de protection pour pressurisation, en option sur l'ERA 4480C
- constitué d'une tête captrice et d'un tambour gradué



ERA 4000



ERA 4000 avec anneau de protection pour la pressurisation

Tête captrice	
Interface	
Fréquence limite –3 dB	
Raccordement électrique	
Longueur de câble	
Alimentation en tension	
Consommation en courant	
Vibrations 55 à 2000 Hz Choc 6 ms	
Température de service	
Poids	Tête captrice

Tambour gradué	
Support de mesure	
Coefficient de dilatation	
Périodes de signal/ écarts de position par période de signal ¹⁾	ERA 4200
	ERA 4400
	ERA 4800
Précision de la gravure	
Marques de référence	
Diamètre intérieur du tambour*	
Diamètre extérieur du tambour*	
Vitesse rotation méc. adm.	
Moment d'inertie du rotor	
Déplacement axial adm.	
Indice protection* EN 60529	
sans anneau protecteur pour pressurisation	
avec anneau protecteur pour pressurisation ²⁾ et air comprimé	
Poids	Tambour gradué
	Anneau protecteur pour pressurisation

* à préciser à la commande

AK ERA 4280 période de division 20 µm AK ERA 4480 période de division 40 µm AK ERA 4880 période de division 80 µm									
$\sim 1 V_{CC}$									
$\geq 350 \text{ kHz}$									
Câble 1 m avec prise d'accouplement M23 (12 plots)									
$\leq 150 \text{ m}$ (avec câble HEIDENHAIN)									
5 V CC $\pm 0,5 \text{ V}$									
$< 100 \text{ mA}$ (sans charge)									
$\leq 200 \text{ m/s}^2$ (EN 60068-2-6) $\leq 1000 \text{ m/s}^2$ (EN 60068-2-27)									
$-10 \text{ }^\circ\text{C}$ à $80 \text{ }^\circ\text{C}$									
env. 20 g ; tête caprice assortie à l'anneau de protection pour pressurisation : env. 35 g (sans câble)									

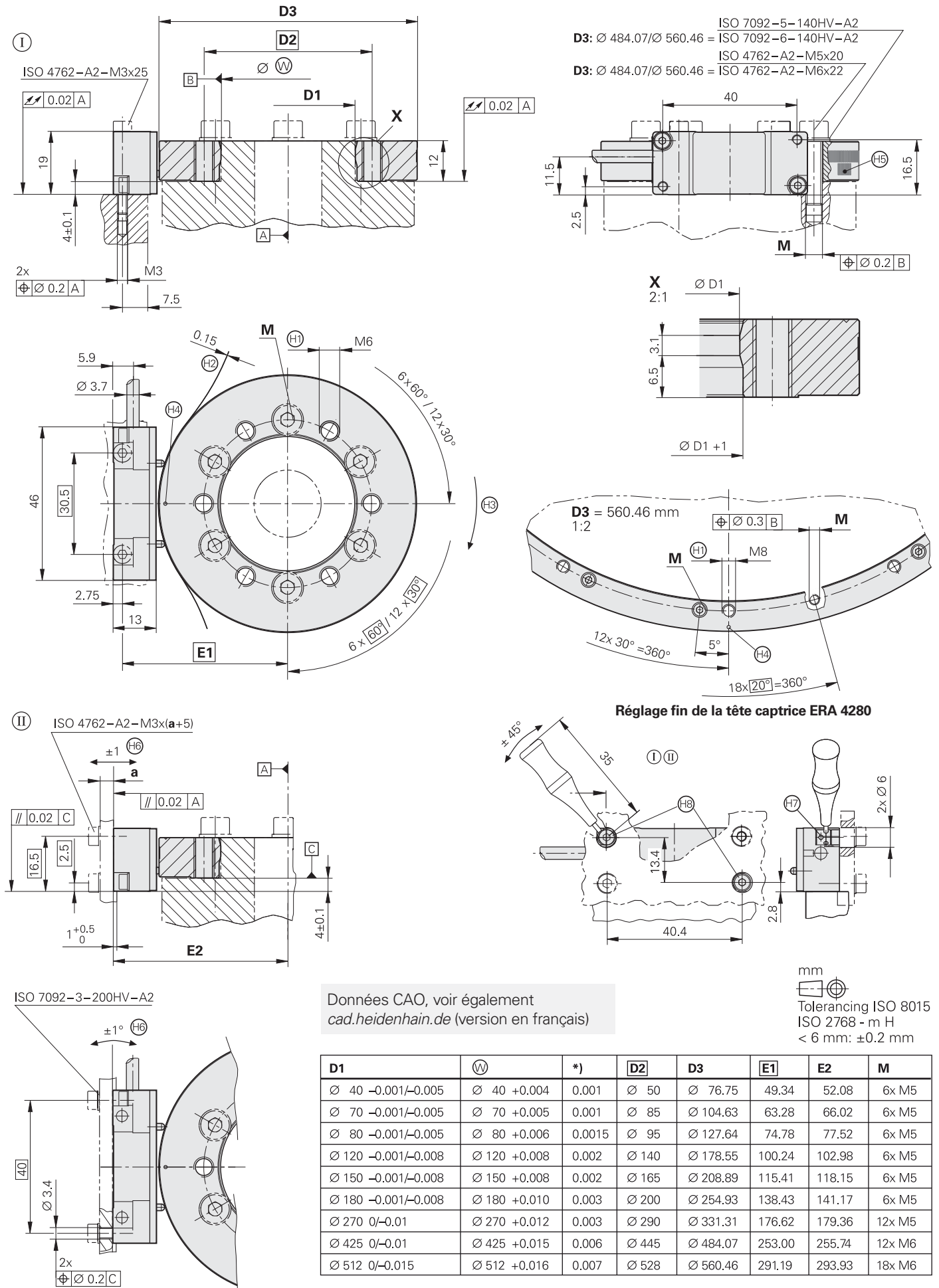
TTR ERA 4200C période de division 20 µm TTR ERA 4400C période de division 40 µm TTR ERA 4800C période de division 80 µm									
tambour en acier $\alpha_{\text{therm}} \approx 10,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$									
12 000/± 1,1"	16384/± 0,8"	20000/± 0,7"	28 000/± 0,5"	32 768/± 0,4"	40 000/± 0,4"	52 000/± 0,3"	–	–	
6000/± 2,2"	8192/± 1,6"	10000/± 1,3"	14 000/± 1,0"	16384/± 0,8"	20 000/± 0,7"	26 000/± 0,5"	38 000/± 0,4"	44 000/± 0,3"	
3000/± 4,4"	4096/± 3,2"	5000/± 2,6"	7000/± 1,9"	8192/± 1,6"	10 000/± 1,3"	13 000/± 1,0"	–	–	
± 5"	± 3,7"	± 3"	± 2,5"					± 2"	
à distances codées, une sur demande									
40 mm	70 mm	80 mm	120 mm	150 mm	180 mm	270 mm	425 mm	512 mm	
76,75 mm	104,63 mm	127,64 mm	178,55 mm	208,89 mm	254,93 mm	331,31 mm	484,07 mm	560,46 mm	
10 000 min ⁻¹	8500 min ⁻¹	6250 min ⁻¹	4500 min ⁻¹	4250 min ⁻¹	3250 min ⁻¹	2500 min ⁻¹	1800 min ⁻¹	1500 min ⁻¹	
0,27 · 10 ⁻³ kgm ²	0,81 · 10 ⁻³ kgm ²	1,9 · 10 ⁻³ kgm ²	7,1 · 10 ⁻³ kgm ²	12 · 10 ⁻³ kgm ²	28 · 10 ⁻³ kgm ²	59 · 10 ⁻³ kgm ²	195 · 10 ⁻³ kgm ²	258 · 10 ⁻³ kgm ²	
≤ ± 0,5 mm (tambour gradué par rapport à la tête caprice)									
IP00									
IP40	IP40	IP40	IP40	IP40	IP40	IP40	IP40	–	
env. 0,28 kg	env. 0,41 kg	env. 0,68 kg	env. 1,2 kg	env. 1,5 kg	env. 2,3 kg	env. 2,6 kg	env. 3,8 kg	env. 3,6 kg	
env. 0,07 kg	env. 0,1 kg	env. 0,12 kg	env. 0,17 kg	env. 0,22 kg	env. 0,26 kg	env. 0,35 kg	–		

¹⁾ L'écart de position dans une période de signal et la précision de la division permettent d'obtenir les écarts spécifiques au système de mesure. Pour les autres écarts relevant du montage de l'arbre à mesurer, voir *Précision de mesure*.

²⁾ possible seulement avec l'ERA 4480, anneau protecteur pour la pressurisation à commander séparément

ERA 4280C, ERA 4480C, ERA 4880C

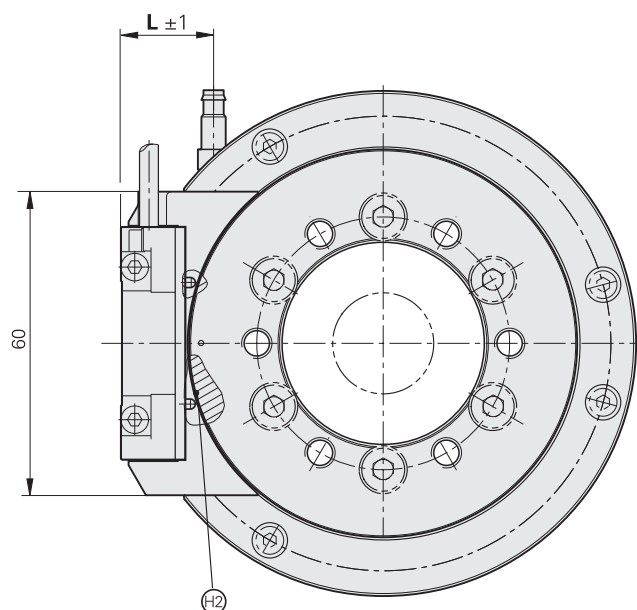
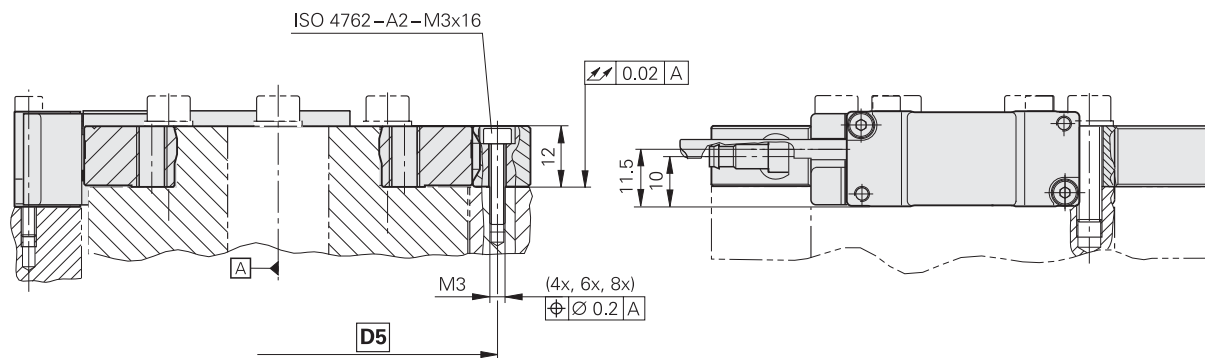
sans anneau de protection pour pressurisation



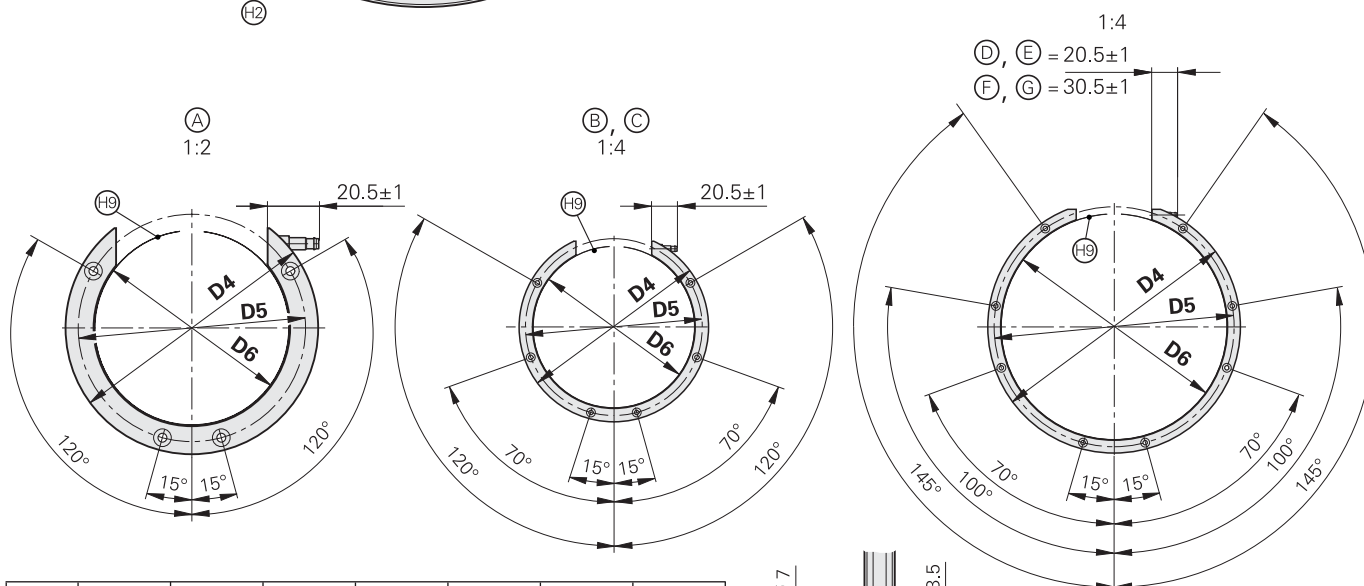
*) Circularité du diamètre d'appui (arbre)

ERA 4480 C

avec anneau de protection pour pressurisation



- ①, ② = possibilités de montage
- M = vis de fixation
- A = roulement
- W = arbre client
- ⑦ = taraudage d'extraction
- ⑧ = distance fonctionnelle (feuille de réglage)
- ⑨ = sens de rotation positif pour les signaux de sortie, conforme à la description de l'interface
- ⑩ = marque pour la marque de référence, tolérance de position par rapport à la marque de référence $\pm 1,0 \text{ mm}$
- ⑪ = marque de référence
- ⑫ = surface de vissage réglable, à prévoir pour la tête caprice
- ⑬ = douille excentrique
- ⑭ = perçages requis pour le réglage fin
- ⑮ = distance fonctionnelle 0,15 mm (anneau de protection pour la pressurisation)



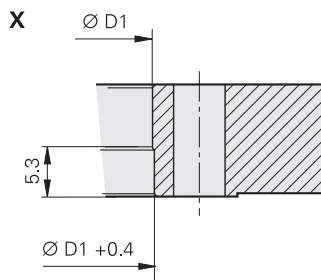
	A	B	C	D	E	F	G
D3	Ø 76.75	Ø 104.63	Ø 127.64	Ø 178.55	Ø 208.89	Ø 254.93	Ø 331.31
D4	Ø 100	Ø 127	Ø 150	Ø 200	Ø 232	Ø 278	Ø 354
D5	Ø 90	Ø 117	Ø 140	Ø 190	Ø 222	Ø 268	Ø 344
D6	Ø 77.2	Ø 105.2	Ø 128.2	Ø 179.1	Ø 209.4	Ø 255.6	Ø 332
L	18.6	16.5	15.5	14.5	13.2	12.7	12.1

Données CAO, voir également
cad.heidenhain.de (version en français)

ERA 4282 C

Système de mesure angulaire incrémentale de haute précision

- **tambour gradué en acier pour une grande précision exigée**
- **constitué d'une tête caprice et d'un tambour gradué**



ISO 2768 - m H

①, ② = possibilités de montage

□ A = roulement

Ⓜ = distance fonctionnelle (feuille de réglage)

Ⓜ = marque pour la marque de référence

⊕ = sens de rotation positif pour les signaux de sortie, conforme à la description de l'interface

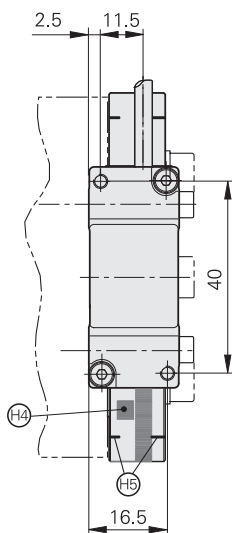
Ⓜ = marque de référence

Ⓜ = marques pour centrer le tambour (3 x 120°)

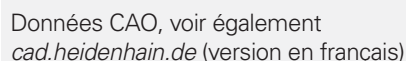
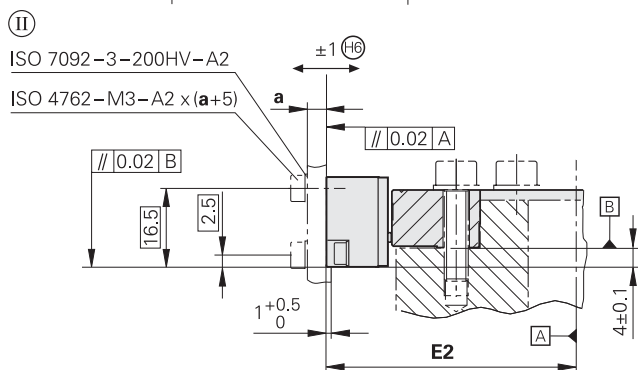
⑩ = surface de vissage réglable, à prévoir pour la tête caprice
⑪ = douille excentrique

Ⓔ = perçages requis po

(seulement sur la tête caprice ERA 4280)



Réglage fin de la tête caprice ERA 4280



D1	W	D2	D3	E1	E2	M
$\varnothing 40 +0.07/+0.05$	$\varnothing \leq 40$	$\varnothing 50$	$\varnothing 76.75$	49.34	52.08	M5 6x
$\varnothing 70 +0.07/+0.05$	$\varnothing \leq 70$	$\varnothing 85$	$\varnothing 104.63$	63.28	66.02	M5 6x
$\varnothing 80 +0.07/+0.05$	$\varnothing \leq 80$	$\varnothing 95$	$\varnothing 127.64$	74.78	77.52	M5 6x
$\varnothing 120 +0.07/+0.05$	$\varnothing \leq 120$	$\varnothing 140$	$\varnothing 178.55$	100.24	102.98	M5 6x
$\varnothing 150 +0.07/+0.05$	$\varnothing \leq 150$	$\varnothing 165$	$\varnothing 208.89$	115.41	118.15	M5 6x
$\varnothing 180 +0.07/+0.05$	$\varnothing \leq 180$	$\varnothing 200$	$\varnothing 254.93$	138.43	141.17	M5 6x
$\varnothing 185 +0.07/+0.05$	$\varnothing \leq 185$	$\varnothing 197$	$\varnothing 208.89$	115.41	118.15	M3 12x
$\varnothing 210 +0.07/+0.05$	$\varnothing \leq 210$	$\varnothing 230$	$\varnothing 254.93$	138.43	141.17	M3 12x
$\varnothing 270 +0.07/+0.05$	$\varnothing \leq 270$	$\varnothing 290$	$\varnothing 331.31$	176.62	179.36	M5 12x

Tête captrice	AK ERA 4280
Interface	$\sim 1 V_{CC}$
Fréquence limite -3 dB	≥ 350 kHz
Raccordement électrique	câble 1 m avec prise d'accouplement M23 (12 plots)
Longueur de câble	≤ 150 m (avec câble HEIDENHAIN)
Alimentation en tension	5 V CC $\pm 0,5$ V
Consommation en courant	< 100 mA (sans charge)
Vibrations 55 à 2000 Hz Choc 6 ms	≤ 100 m/s ² (EN 60068-2-6) ≤ 500 m/s ² (EN 60068-2-27)
Température de service	-10 °C à 80 °C
Poids	env. 20 g (sans câble)

Tambour gradué	TTR ERA 4202 C								
Support de mesure Période de division Coefficient de dilatation	tambour en acier 20 μ m $\alpha_{\text{therm}} \approx 10,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$								
Périodes de signal	12 000	16 384	20 000	28 000	32 768	40 000	32 768	40 000	52 000
Précision de la gravure	$\pm 4''$	$\pm 3''$	$\pm 2,5''$	$\pm 2''$	$\pm 1,9''$	$\pm 1,8''$	$\pm 1,9''$	$\pm 1,8''$	$\pm 1,7''$
Écarts de position par période de signal¹⁾	$\pm 1,1''$	$\pm 0,8''$	$\pm 0,7''$	$\pm 0,5''$	$\pm 0,4''$	$\pm 0,4''$	$\pm 0,4''$	$\pm 0,4''$	$\pm 0,3''$
Marques de référence	à distances codées								
Diamètre intérieur du tambour*	40 mm	70 mm	80 mm	120 mm	150 mm	180 mm	185 mm	210 mm	270 mm
Diamètre extérieur du tambour*	76,75 mm	104,63 mm	127,64 mm	178,55 mm	208,89 mm	254,93 mm	208,89 mm	254,93 mm	331,31 mm
Vitesse rotation méc. adm.	10 000 min ⁻¹	8500 min ⁻¹	6250 min ⁻¹	4500 min ⁻¹	4250 min ⁻¹	3250 min ⁻¹	3250 min ⁻¹	3250 min ⁻¹	2500 min ⁻¹
Moment d'inertie du rotor	$0,28 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$0,83 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$2,0 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$7,1 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$12 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$28 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$6,5 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$20 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$59 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$
Déplacement axial adm.	$\leq \pm 0,5$ mm (tambour gradué par rapport à la tête captrice)								
Indice protection EN 60529	IP00								
Poids	env. 0,30 kg	env. 0,42 kg	env. 0,70 kg	env. 1,2 kg	env. 1,5 kg	env. 2,3 kg	env. 0,66 kg	env. 1,5 kg	env. 2,6 kg

* à préciser à la commande

¹⁾ L'écart de position dans une période de signal et la précision de la division permettent d'obtenir les écarts spécifiques au système de mesure. Pour les autres écarts relevant du montage de l'arbre à mesurer, voir *Précision de mesure*.

Série ERA 7000

Système de mesure angulaire incrémentale de haute précision

- ruban de mesure pour montage intérieur
- version pour cercle entier et version pour segment de cercle, également pour les très grands diamètres
- composé d'une tête caprice et d'un ruban de mesure

**ERA 7480****ERA 7481**

Tête captrice	AK ERA 7480
Interface	$\sim 1 V_{CC}$
Fréquence limite -3 dB	≥ 350 kHz
Raccordement électrique	câble 1 m avec prise d'accouplement M23 (12 plots)
Longueur de câble	≤ 150 m (avec câble HEIDENHAIN)
Alimentation en tension	5 V CC $\pm 0,25$ V
Consommation en courant	< 100 mA (sans charge)
Vibrations 55 à 2000 Hz Choc 6 ms	≤ 200 m/s ² (EN 60068-2-6) ≤ 1000 m/s ² (EN 60068-2-27)
Température de service	-10 °C à 80 °C
Poids	env. 20 g (sans câble)

Ruban de mesure		MSB ERA 7400C version pour cercle entier MSB ERA 7401C version pour segment de cercle		
Support de mesure Période de division Coefficient de dilatation		ruban de mesure en acier avec division METALLUR 40 µm $\alpha_{\text{therm}} \approx 10,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$		
Périodes de signal ¹⁾		36 000	45 000	90 000
Précision de la gravure ²⁾		± 3,9"	± 3,2"	± 1,6"
Écarts de position par période de signal ²⁾		± 0,4"	± 0,3"	± 0,1"
Précision du ruban de mesure		± 3 µm/m de ruban		
Marques de référence		à distances codées		
Diamètre d'appui*	Cercle entier	458,62 mm	573,20 mm	1146,10 mm
	Segment de cercle	≥ 400 mm		
Vitesse rotation méc. adm.		≤ 250 min ⁻¹	≤ 250 min ⁻¹	≤ 220 min ⁻¹
Déplacement axial adm.		≤ 0,5 mm (ruban de mesure par rapport à la tête captrice)		
Coef. de dilatation thermique admissible de l'arbre		$\alpha_{\text{therm}} \approx 9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ jusqu'à $12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$		
Indice protection EN 60529		IP00		
Poids		env. 30 g/m		

* à préciser à la commande

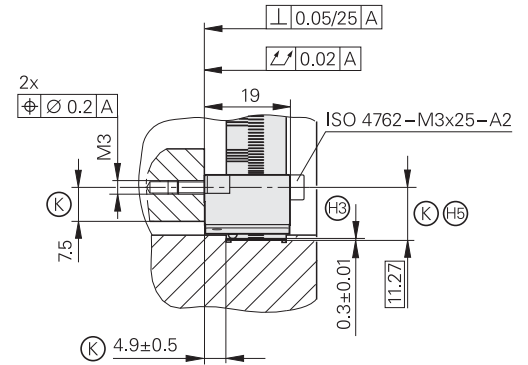
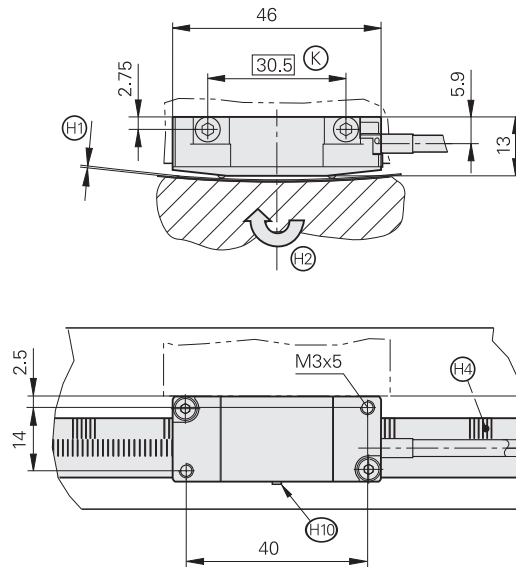
¹⁾ valable pour la version cercle entier ; pour la version segment de cercle : en fonction du diamètre d'appui et de la longueur du ruban

²⁾ L'écart de position dans une période de signal et la précision de la division permettent d'obtenir les écarts spécifiques au système de mesure. Pour les autres écarts relevant du montage de l'arbre à mesurer, voir *Précision de mesure*.

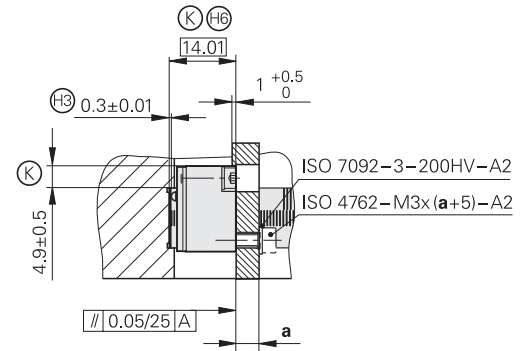
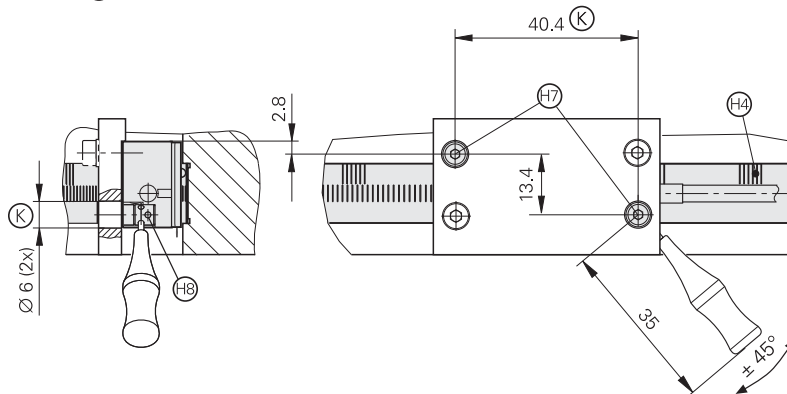
Autres diamètres et vitesses de rotation supérieures disponibles sur demande

Série ERA 7000

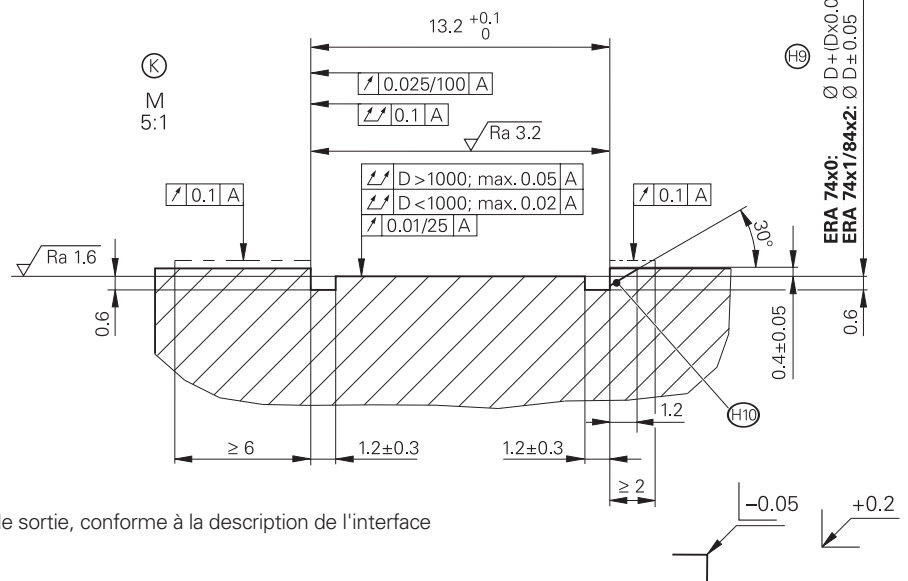
①



②

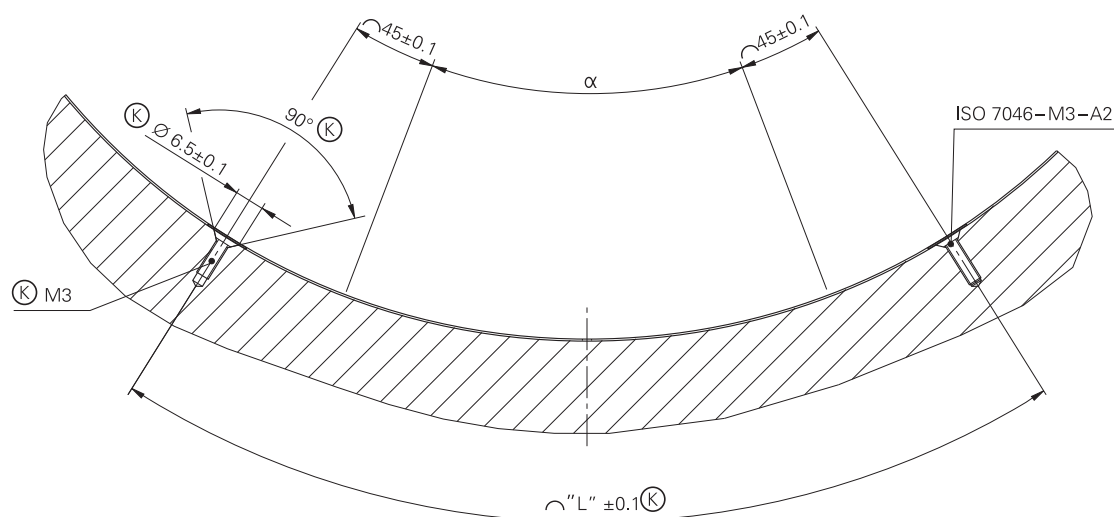
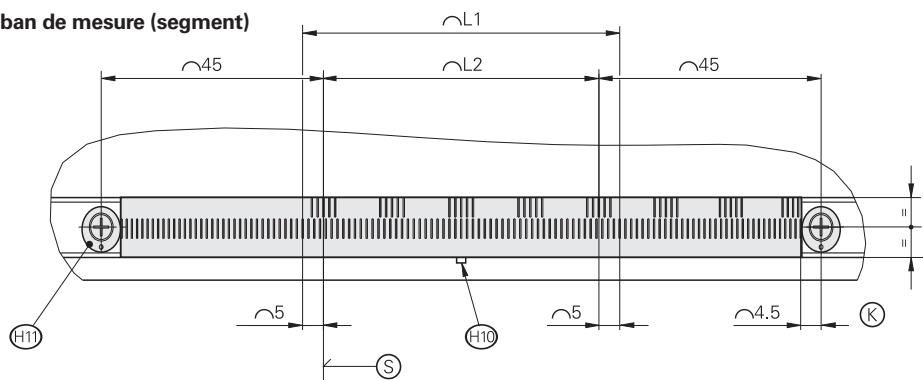


mm
Tolerancing ISO 8015
ISO 2768 - m H
< 6 mm: ±0.2 mm



- ①, ② = possibilités de montage
- ⊠ = roulement
- ⊙ = cotes de montage côté client
- ⊕ = distance fonctionnelle (feuille de réglage)
- ⊖ = sens de rotation positif pour les signaux de sortie, conforme à la description de l'interface
- ⊗ = épaisseur du ruban de mesure
- ⊘ = marque de référence
- ⊙ = distance entre le fond de la rainure du ruban et le trou taraudé de fixation
- ⊖ = distance entre le fond de la rainure du ruban et la surface de montage arrière de la tête caprice
- ⊙ = perçages requis pour le réglage fin
- ⊗ = douille excentrique (réglage Moiré)
- ⊙ = fond de la rainure du ruban Ø D
- ⊖ = encoche pour démonter le ruban de mesure (b = 2 mm)

ERA 74x1 ruban de mesure (segment)



$$D = \frac{n \times 0.04 \times 0.9999}{\pi} + 0.3$$

$$\alpha = \frac{n \times 0.04 \times 0.9999}{(D - 0.3) \times \pi} \times 360^\circ$$

$$L2 = n \times 0.04 \times 0.9999$$

Ⓚ = cotes de montage côté client

Ⓢ = début de la mesure

Ⓜ10 = encoche pour démonter le ruban de mesure (b = 2 mm)

Ⓜ11 = rondelle excentrique pour tendre le ruban de mesure

⌒ = longueur de l'arc de cercle dans la fibre neutre, attention à l'épaisseur du ruban de mesure

⌒L = position des trous taraudés de fixation

⌒L1 = course

⌒L2 = plage de mesure sur l'arc de cercle

n = nombre de traits

D = diamètre d'appui

α = plage de mesure en degrés (segment de cercle)

π = 3.14159...

Série ERA 8000

Système de mesure angulaire incrémentale de haute précision

- ruban de mesure en acier pour montage extérieur
- version pour cercle entier et version pour segment de cercle, également pour les très grands diamètres
- composé d'une tête captrice et d'un ruban de mesure



ERA 8480 version pour cercle entier



ERA 8481 version pour segment de cercle,
ruban de mesure fixé par tendeurs



ERA 8482 version pour segment de cercle,
ruban de mesure sans tendeur

Tête captrice	AK ERA 8480
Interface	$\sim 1 V_{CC}$
Fréquence limite -3 dB	≥ 350 kHz
Raccordement électrique	câble 1 m avec prise d'accouplement M23 (12 plots)
Longueur de câble	≤ 150 m (avec câble HEIDENHAIN)
Alimentation en tension	5 V CC $\pm 0,25$ V
Consommation en courant	< 100 mA (sans charge)
Vibrations 55 à 2000 Hz Choc 6 ms	≤ 200 m/s ² (EN 60068-2-6) ≤ 1000 m/s ² (EN 60068-2-27)
Température de service	-10 °C à 80 °C
Poids	env. 20 g (sans câble)

Ruban de mesure		MSB ERA 8400C version pour cercle entier MSB ERA 8401C version pour segment de cercle avec tendeurs MSB ERA 8402C version pour segment de cercle sans tendeur		
Support de mesure Période de division Coefficient de dilatation		ruban de mesure en acier avec division METALLUR 40 μm $\alpha_{\text{therm}} \approx 10,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$		
Périodes de signal ¹⁾		36 000	45 000	90 000
Précision de la gravure ²⁾		± 4,7"	± 3,9"	± 1,9"
Écarts de position par période de signal ²⁾		± 0,4"	± 0,3"	± 0,1"
Précision du ruban de mesure		± 3 μm/m de ruban		
Marques de référence		à distances codées		
Diamètre d'appui*	Cercle entier	458,11 mm	572,72 mm	1145,73 mm
	Segment de cercle	≥ 400 mm		
Vitesse rotation méc. adm.		≤ 50 min ⁻¹	≤ 50 min ⁻¹	≤ 45 min ⁻¹
Déplacement axial adm.		≤ ± 0,5 mm (ruban de mesure par rapport à la tête captrice)		
Coef. de dilatation thermique admissible de l'arbre		$\alpha_{\text{therm}} \approx 9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ jusqu'à $12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$		
Indice protection EN 60529		IP00		
Poids		env. 30 g/m		

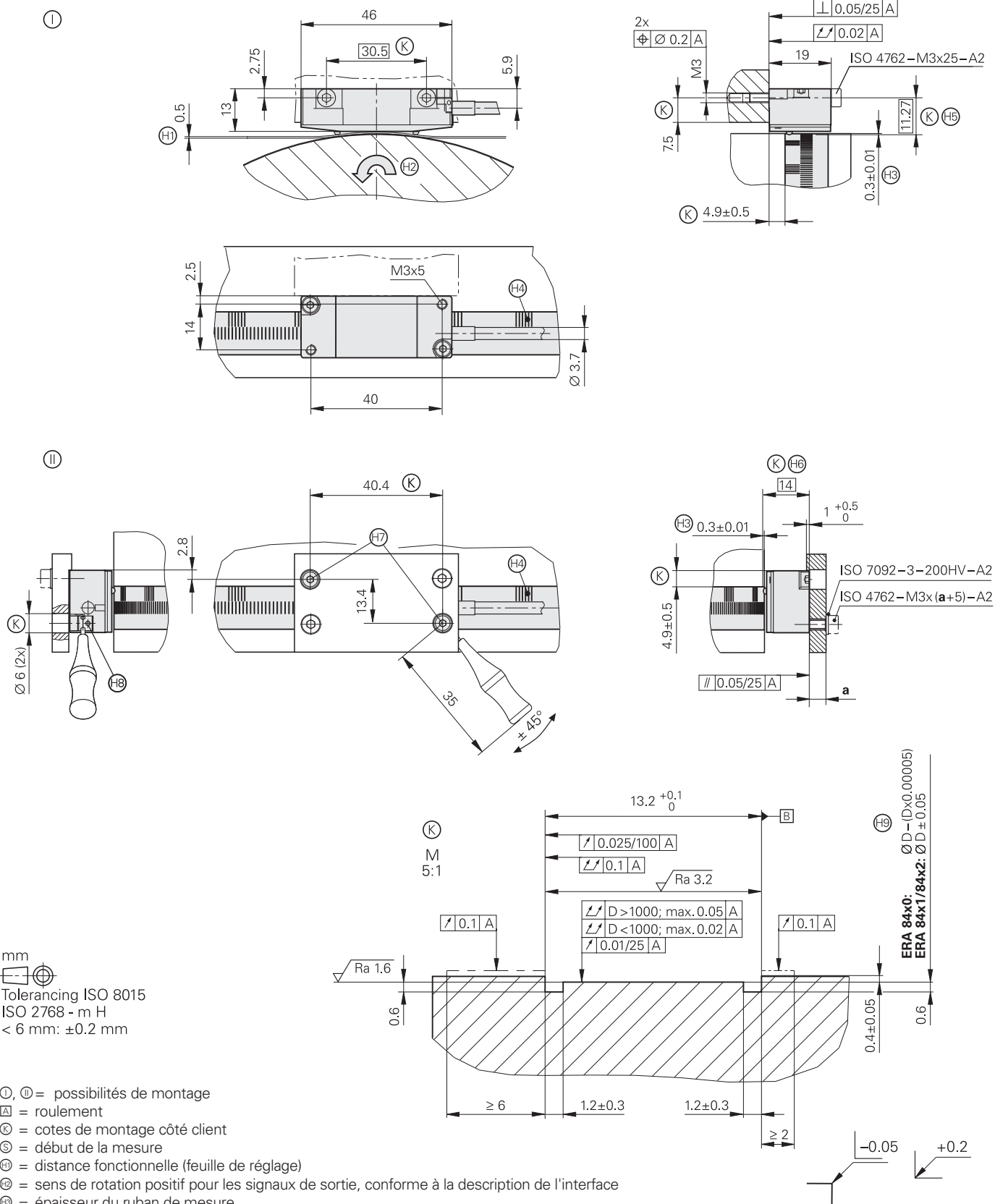
* à préciser à la commande

¹⁾ valable pour la version cercle entier ; pour la version segment de cercle : en fonction du diamètre d'appui et de la longueur du ruban

²⁾ La précision de la division et l'écart de position dans une période de signal permettent d'obtenir les écarts spécifiques au système de mesure. Pour les autres écarts relevant du montage de l'arbre à mesurer, voir *Précision de mesure*.

Autres diamètres et vitesses de rotation supérieures disponibles sur demande

Série ERA 8000



- , ⊕ = possibilités de montage
 A = roulement
 C = cotes de montage côté client
 S = début de la mesure
 11 = distance fonctionnelle (feuille de réglage)
 12 = sens de rotation positif pour les signaux de sortie, conforme à la description de l'interface
 13 = épaisseur du ruban de mesure
 14 = marque de référence
 15 = distance entre le fond de la rainure du ruban et le trou taraudé de fixation
 16 = distance entre le fond de la rainure du ruban et la surface de montage arrière de la tête caprice
 17 = perçages requis pour le réglage fin
 18 = douille excentrique (réglage Moiré)
 19 = fond de la rainure du ruban de mesure Ø D
 110 = fond de la poche ferromagnétique, pour fixer le tendeur
 111 = longueur du chanfrein > 60 mm

Ⓚ
M
1:2



Interfaces

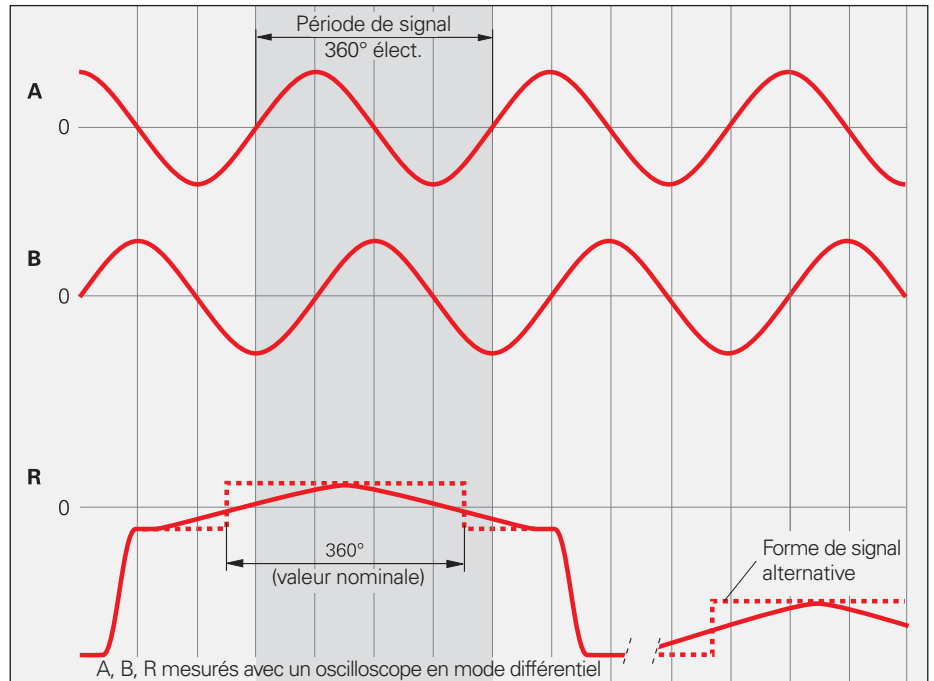
Signaux incrémentaux $\sim 1 V_{CC}$

Les systèmes de mesure HEIDENHAIN dotés d'une interface $\sim 1 V_{CC}$ fournissent des signaux de tension qui peuvent être fortement interpolés.

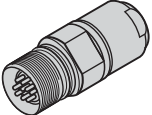
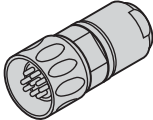
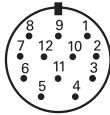
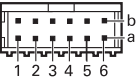
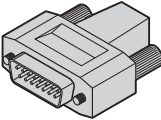
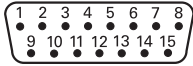
Les **signaux incrémentaux** sinusoïdaux A et B sont déphasés de 90° élect. et leur amplitude typique est de $1 V_{CC}$. Le diagramme des signaux de sortie – B en retard sur A – correspond au sens de déplacement indiqué dans le plan d'encombrement.

Le **signal des marques de référence** R peut clairement être identifié aux signaux incrémentaux. Il se peut que le signal de sortie baisse à proximité de la marque de référence.

Pour une description détaillée de toutes les interfaces disponibles et pour les informations électriques d'ordre général, consulter le catalogue *Interfaces des systèmes de mesure HEIDENHAIN*.



Repérage des broches

Prise d'accouplement M23 12 plots					Prise M23 12 plots								
  					  								
Connecteur de platine 12 plots sur ERP 880					Prise Sub-D 15 plots								
 					  								
	Alimentation en tension				Signaux incrémentaux						Autres signaux		
	12	2	10	11	5	6	8	1	3	4	9	7	/
	2a	2b	1a	1b	6b	6a	5b	5a	4b	4a	3b	3a	/
	4	12	2	10	1	9	3	11	14	7	5/6/8	13	15
	U _P	Ligne retour U _P	0 V	Ligne retour 0 V	A+	A-	B+	B-	R+ ¹⁾	R- ¹⁾	libre	libre	libre
	marron/ vert	bleu	blanc/ vert	blanc	marron	vert	gris	rose	rouge	noir	/	violet	jaune

Blindage du câble relié au boîtier ; U_P = tension d'alimentation

Ligne retour : la ligne de retour est reliée dans le système de mesure (ERO 6x80 : dans la prise) à la ligne d'alimentation correspondante.

Les broches ou fils non utilisés doivent rester libres !

¹⁾ ERP 4080/ERP 8080 : libre

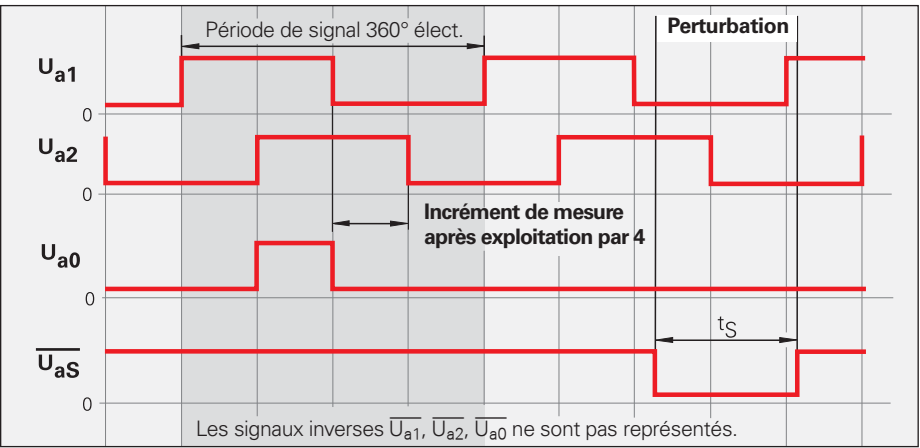
Signaux incrémentaux TTL

Les systèmes de mesure HEIDENHAIN avec interface  TTL intègrent des électroniques qui convertissent les signaux de balayage sinusoïdaux (avec ou sans interpolation) en signaux numériques.

Les **signaux incrémentaux** sont émis sous forme de trains d'impulsions rectangulaires U_{a1} et U_{a2} avec un décalage de phase électrique de 90° . Le **signal de référence** est composé d'une ou plusieurs impulsions de référence U_{a0} qui sont combinées aux signaux incrémentaux. L'électronique intégrée génère parallèlement leurs **signaux inverses** $\overline{U_{a1}}$, $\overline{U_{a2}}$ et $\overline{U_{a0}}$ pour assurer une transmission sans interférences. La séquence de signaux de sortie représentée dans le graphique ci-contre – avec un retard du signal U_{a2} sur le signal U_{a1} – est valable pour le sens de déplacement indiqué sur le plan d'encombrement.

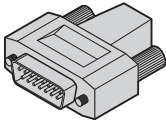
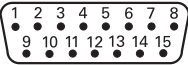
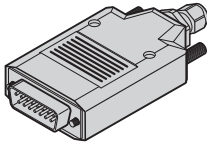
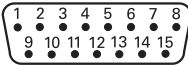
Le **signal de perturbation** $\overline{U_{aS}}$ fait état des problèmes de fonctionnement, par exemple de la rupture d'un câble d'alimentation, d'une défaillance de la source lumineuse, etc.

Le **pas de mesure** est obtenu en interpolant une, deux ou quatre fois l'écart entre deux fronts de signaux incrémentaux U_{a1} et U_{a2} .



Pour une description détaillée de toutes les interfaces disponibles et pour les informations électriques d'ordre général, consulter le catalogue *Interfaces des systèmes de mesure HEIDENHAIN*.

Repérage des broches

Prise Sub-D 15 plots					Prise Sub-D 15 plots avec électronique d'adaptation et d'interface intégrée								
  					  								
	Alimentation en tension				Signaux incrémentaux						Autres signaux		
	4	12	2	10	1	9	3	11	14	7	13	5/6/8	15
	U_P	Ligne retour U_P	0V	Ligne retour 0V	U_{a1}	$\overline{U_{a1}}$	U_{a2}	$\overline{U_{a2}}$	U_{a0}	$\overline{U_{a0}}$	$\overline{U_{aS}}$	libre	libre ¹⁾
	marron/vert	bleu	blanc/vert	blanc	marron	vert	gris	rose	rouge	noir	violet	/	jaune

Blindage du câble relié au boîtier ; U_P = tension d'alimentation
Ligne retour : la ligne retour est reliée dans le système de mesure (ERO 6x70 : dans la prise) à la ligne d'alimentation correspondante.
Les broches ou fils non utilisés doivent rester libres !

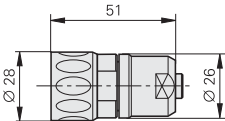
¹⁾ ERO 6x70 : commutation TTL/11 μA_{CC} pour PWT, sinon non raccordé

Câbles et connecteurs

Informations générales

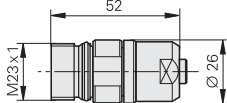
Prise avec gaine en plastique : connecteur avec collerette fileté, livrable avec contacts mâles ou femelles

Symboles
 

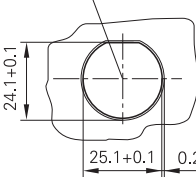



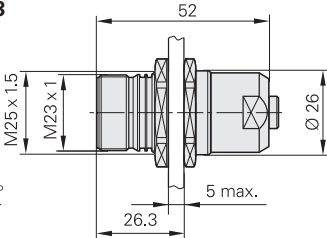
Prise d'accouplement avec gaine en plastique : connecteur avec filetage extérieur, livrable avec contacts mâles ou femelles

Symboles
 

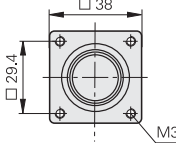



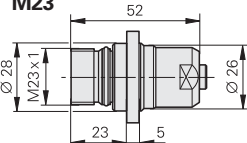
Accouplement à encastrer avec fixation centrale

Section de montage
 



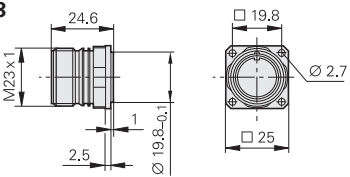
Accouplement à encastrer avec embase





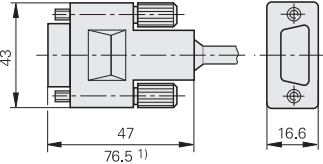
Embase : fixée au système de mesure ou à un boîtier avec un filetage extérieur (comme la prise d'accouplement), disponible avec contacts mâles ou femelles

Symboles
 

Prise Sub-D : pour commandes HEIDENHAIN, cartes de comptage et de valeurs absolues IK

Symboles
 

1) avec électronique d'interface intégrée

Le sens de **numérotation des broches** est différent suivant qu'il s'agit de connecteurs, de prises d'accouplement ou d'embases, mais il est indépendant du fait que les contacts sont de type

mâle
 


ou
 


femelle.
 


À l'état connecté, les connecteurs sont certifiés **IP67** (connecteur Sub-D : IP50, EN 60 529). Les connecteurs qui ne sont pas connectés n'ont aucune protection.

- Accessoires pour embases et prises d'accouplement encastrables M23**
- Joint cloche**
 ID 266526-01
- Capot métallique anti-poussière à visser**
 ID 219926-01

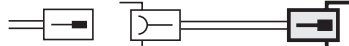
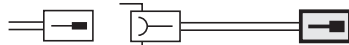
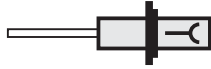
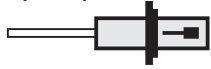
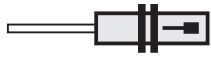
Câbles de liaison

		M23 12 plots	
Câble de liaison PUR [6(2 x 0,19 mm ²)] ; A _V = 0,19 mm ²			
Câble de liaison PUR [4(2 x 0,14 mm ²) + (4 x 0,5 mm ²)] ; A _V = 0,5 mm ²		Ø 8 mm	Ø 6 mm ¹⁾
câblage complet avec prise (femelle) et prise d'accouplement (mâle)		298401-xx	–
câblage complet avec prise (femelle) et connecteur (mâle)		298399-xx	–
câblage complet avec prise (femelle) et prise Sub-D (femelle) pour IK 220/ND 780		310199-xx	–
câblage complet avec prise (femelle) et prise Sub-D (mâle) pour IK 115/IK 215/ND 280/ND 287/EIB 741		310196-xx	–
câblé à une extrémité avec prise (femelle)		309777-xx	–
câblage complet avec prise Sub-D (femelle) et prise M23 (mâle)		331693-xx	355215-xx
câblé à une extrémité avec prise Sub-D (femelle)		332433-xx	355209-xx
câblage complet avec prise Sub-D (femelle) et prise Sub-D (mâle)		335074-xx	355186-xx
câblage complet avec prise Sub-D (femelle) et prise Sub-D (femelle) pour IK 220/ND 780		335077-xx	349687-xx
câble sans prises		816317-xx	816323-xx
Câble de sortie pour ERP 880	PUR [4(2 x 0,05) + (4 x 0,14)] mm ² ; A _V = 0,14 mm ²	Ø 4,5 mm	
câblé à une extrémité avec connecteur de platine 12 plots	 longueur 1 m	372164-01	

¹⁾ longueur de câble pour Ø 6 mm : 9 m max.

A_V : section transversale des fils d'alimentation

Connecteurs

			M23 12 plots
Contre-prise du câble assurant la liaison au connecteur de l'appareil	prise (femelle)  pour câble Ø 8 mm	291697-05	
Prise pour connexion à l'électronique consécutive	connecteur (mâle)  pour câble Ø 8 mm Ø 6 mm	291697-08 291697-07	
Prise d'accouplement du câble du système de mesure ou du câble de liaison	prise d'accouplement (mâle) pour câble  Ø 3,7 mm Ø 4,5 mm Ø 6 mm Ø 8 mm	291698-14 291698-14 291698-03 291698-04	
Embase à encastrer dans l'électronique consécutive	embase (femelle) 	315892-08	
Prises d'accouplement encastrables	avec bride (femelle)  Ø 6 mm Ø 8 mm	291698-17 291698-07	
	avec bride (mâle)  Ø 6 mm Ø 8 mm	291698-08 291698-31	
	avec fixation centrale (mâle)  Ø 6 mm à 10 mm	741045-01	
Adaptateur $\sim 1V_{CC}/11\mu A_{CC}$ pour convertir les signaux $1V_{CC}$ en signaux $11\mu A_{CC}$; prise M23 (femelle) 12 plots et connecteur M23 (mâle) 9 plots		364914-01	

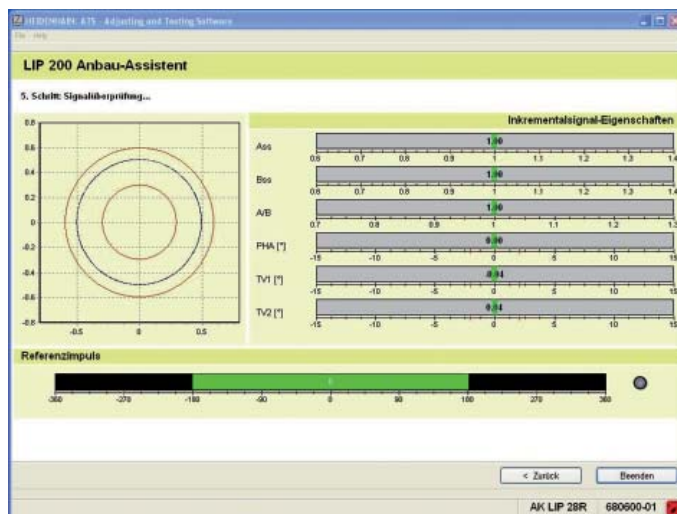
Équipement de diagnostic et de contrôle

Les systèmes de mesure HEIDENHAIN fournissent toutes les données utiles à la mise en service, à la surveillance et au diagnostic. Le type d'informations disponibles varie suivant qu'il s'agit d'un système de mesure absolue ou incrémentale et suivant le type d'interface utilisé.

Les systèmes de mesure incrémentale sont généralement dotés d'une interface 1 V_{CC}, TTL ou HTL. Les systèmes de mesure TTL et HTL surveillent l'amplitude des signaux à l'intérieur de l'appareil et génèrent un signal de perturbation simple. Pour les signaux 1 V_{CC}, seuls des appareils de contrôle externes ou les processus de calcul de l'électronique consécutive sont capables d'analyser les signaux de sortie (interface de diagnostic analogique).

Pour analyser les systèmes de mesure, HEIDENHAIN propose les appareils de contrôle PWM et les appareils de test PWT. Suivant la manière dont ces appareils sont reliés, on distingue deux types de diagnostic :

- le diagnostic du système de mesure : celui-ci est directement raccordé à l'appareil de contrôle ou de test. Ainsi, il est possible d'analyser dans le détail les fonctions du système de mesure.
- le diagnostic dans la boucle d'asservissement : l'appareil de contrôle PWM est intégré dans la boucle d'asservissement fermée (éventuellement via un adaptateur de contrôle adapté). Un diagnostic en temps réel de la machine ou de l'installation est donc possible pendant le service. Les fonctions dépendent de l'interface.



Mise en service avec le PWM 20 et le logiciel ATS

PWM 20

Le phasemètre PWM 20, associé au logiciel de réglage et de contrôle ATS, sert de kit de réglage et de contrôle pour les systèmes de mesure HEIDENHAIN.



Pour plus d'informations, se référer à l'information produit *PWM 20/Logiciel ATS*.

	PWM 20
Entrée du système de mesure	• EnDat 2.1 ou EnDat 2.2 (valeur absolue avec ou sans signaux incrémentaux) • DRIVE-CLiQ • Fanuc Serial Interface • Mitsubishi high speed interface • Yaskawa Serial Interface • SSI • 1 V_{CC}/TTL/11 μA_{CC}
Interface	USB 2.0
Alimentation en tension	100 V à 240 V CA ou 24 V CC
Dimensions	258 mm x 154 mm x 55 mm

	ATS
Langues	allemand ou anglais, au choix
Fonctions	• affichage de position • dialogue de connexion • diagnostic • assistant de montage pour EBI/ECI/EQI, LIP 200, LIC 4000 et autres • fonctions supplémentaires (si gérées par le système de mesure) • contenus de mémoire
Conditions requises ou recommandées pour le système	PC (processeur double cœur ; > 2 GHz) mémoire vive > 2 Go Syst. d'exploit. Windows XP, Vista, 7 (32 ou 64 bits), 8 200 Mo disponibles sur le disque dur

DRIVE-CLiQ est une marque déposée de la société Siemens AG.

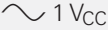
Le **PWM 9** est un appareil de contrôle universel qui permet de vérifier et d'ajuster les systèmes de mesure incrémentale HEIDENHAIN. Des modules enfichables sont disponibles pour l'adaptation aux différents signaux des systèmes de mesure. Un écran LCD affiche les données et des softkeys facilitent l'utilisation.



	PWM 9
Entrées	platines d'interface insérables pour signaux 11 μA _{CC} ; 1 V _{CC} ; TTL ; HTL ; EnDat*/SSI*/signaux de commutation *aucun affichage des valeurs de position et des paramètres
Fonctions	• mesure de l'amplitude des signaux, de la consommation en courant, de la tension d'alimentation et de la fréquence de balayage • représentation graphique des signaux incrémentaux (amplitude, angle de phase et rapport cyclique) et du signal de référence (largeur et position) • affichage de symboles pour la marque de référence, le signal de perturbation, le sens de comptage • compteur universel, interpolation de 1 à 1024 fois, à sélectionner librement • aide au réglage pour système de mesure à règle nue
Sorties	• entrées directement reliées à l'électronique consécutive • connecteurs BNC à raccorder à un oscilloscope
Alimentation en tension	10 V à 30 V CC, 15 W max.
Dimensions	150 mm x 205 mm x 96 mm

Le **PWT** est un outil de réglage simple pour les systèmes de mesure incrémentale HEIDENHAIN. Les signaux sont affichés sous la forme de diagrammes en barres dans une petite fenêtre LCD avec leurs limites de tolérance.



	PWT 10	PWT 17	PWT 18
Entrée du système de mesure	11 μ Acc		 1 Vcc
Fonctions	mesure de l'amplitude du signal tolérance de forme du signal amplitude et position du signal de référence		
Alimentation en tension	via le bloc d'alimentation (compris dans la livraison)		
Dimensions	114 mm x 64 mm x 29 mm		

L'électronique d'adaptation **APE 381** est nécessaire pour connecter les PWM/PWT aux systèmes de mesure avec compensation d'erreur de signal. L'APE 381 désactive la compensation d'erreur de signal (intégrée dans la tête caprice) et permet ainsi d'évaluer sans compensation les signaux de sortie 1 Vcc du système de mesure.



	APE 381
Entrée du système de mesure	 1 Vcc (signaux redirigés)
Forme	câble avec prise Sub-D
Fonction	désactive la compensation d'erreur du signal intégrée dans la tête caprice
Alimentation en tension	par l'électronique consécutive

Électroniques d'interface

Les électroniques d'interface HEIDENHAIN adaptent les signaux des systèmes de mesure à l'interface de l'électronique consécutive. Elles sont donc mises en œuvre chaque fois que l'électronique consécutive ne peut pas traiter directement les signaux de sortie délivrés par les systèmes de mesure HEIDENHAIN ou qu'une interpolation des signaux s'avère nécessaire.

Signaux à l'entrée de l'électronique d'interface

Les électroniques d'interface HEIDENHAIN peuvent être connectées aux systèmes de mesure qui délivrent des signaux sinusoïdaux $1 V_{CC}$ (signaux de tension) ou $11 \mu A_{CC}$ (signaux de courant). Il est également possible de connecter plusieurs électroniques d'interface à des systèmes de mesure dotés d'une interface série EnDat ou SSI.

Signaux à la sortie de l'électronique d'interface

Les électroniques d'interface vers l'électronique consécutive existent avec les interfaces suivantes :

- TTL – trains d'impulsions rectangulaires
- EnDat 2.2
- DRIVE-CLiQ
- Fanuc Serial Interface
- Mitsubishi high speed interface
- Yaskawa Serial Interface
- Profibus

Interpolation des signaux d'entrée sinusoïdaux

Les signaux sinusoïdaux des systèmes de mesure sont convertis et interpolés dans l'électronique d'interface. Il en résulte alors des pas de mesure plus fins, ce qui accroît la qualité d'asservissement et la précision de positionnement.

Formation d'une valeur de position

Certaines électroniques d'interface disposent d'une fonction de comptage intégrée. En franchissant la marque de référence, on obtient à partir du dernier point de référence initialisé une valeur de position absolue qui est transmise à l'électronique consécutive.

Boîtier



Câblage



Version à intégrer



Matériel à monter sur rail DIN



Sorties		Entrées		Forme – Indice de protection	Interpolation ¹⁾ ou subdivision	Type
Interface	Nombre	Interface	Nombre			
 TTL	1	 1 V _{CC}	1	boîtier – IP65	5/10 fois	IBV 101
					20/25/50/100 fois	IBV 102
					sans interpolation	IBV 600
					25/50/100/200/400 fois	IBV 660B
				câblage – IP40	5/10/20/25/50/100 fois	APE 371
				modèle à intégrer – IP00	5/10 fois	IDP 181
					20/25/50/100 fois	IDP 182
		 11 µA _{CC}	1	boîtier – IP65	5/10 fois	EXE 101
					20/25/50/100 fois	EXE 102
					sans/5 fois	EXE 602E
					25/50/100/200/400 fois	EXE 660B
				modèle à intégrer – IP00	5 fois	IDP 101
 TTL/  1 V _{CC} réglable	2	 1 V _{CC}	1	boîtier – IP65	2 fois	IBV 6072
					5/10 fois	IBV 6172
					5/10 fois et 20/25/50/100 fois	IBV 6272
EnDat 2.2	1	 1 V _{CC}	1	boîtier – IP65	≤ subdivision 16 384 fois	EIB 192
				câblage – IP40	≤ subdivision 16 384 fois	EIB 392
			2	boîtier – IP65	≤ subdivision 16 384 fois	EIB 1512
DRIVE-CLiQ	1	EnDat 2.2	1	boîtier – IP65	–	EIB 2391 S
Fanuc Serial Interface	1	 1 V _{CC}	1	boîtier – IP65	≤ subdivision 16 384 fois	EIB 192F
				câblage – IP40	≤ subdivision 16 384 fois	EIB 392F
			2	boîtier – IP65	≤ subdivision 16 384 fois	EIB 1592F
Mitsubishi high speed interface	1	 1 V _{CC}	1	boîtier – IP65	≤ subdivision 16 384 fois	EIB 192M
				câblage – IP40	≤ subdivision 16 384 fois	EIB 392M
			2	boîtier – IP65	≤ subdivision 16 384 fois	EIB 1592M
Yaskawa Serial Interface	1	EnDat 2.2 ²⁾	1	câblage – IP40	–	EIB 3391Y
PROFIBUS DP	1	EnDat 2.1; EnDat 2.2	1	matériel à monter sur rail DIN	–	Gateway PROFIBUS

¹⁾ commutable

²⁾ uniquement LIC 4100 avec un pas de mesure de 5 nm et LIC 2100 avec un pas de mesure de 50 nm ou 100 nm

Électroniques d'exploitation

pour les opérations de mesure et de contrôle

Destinées aux applications de métrologie, les électroniques d'exploitation

HEIDENHAIN acquièrent les valeurs de mesure et les traitent de manière intelligente, spécifiquement à l'application. Du simple poste de mesure aux systèmes de contrôle complexes assurés par plusieurs postes de mesure : elles sont mises en œuvre dans un grand nombre d'applications.

Les électroniques d'exploitation possèdent différents types d'interfaces pour supporter les différents signaux délivrés par les systèmes de mesure. Certains appareils, dotés d'un affichage intégré, fonctionnent de manière autonome, tandis que d'autres nécessitent un PC.

Le tableau ci-contre dresse la liste des électroniques d'exploitation qui sont utilisées pour les tâches de mesure et de contrôle. Pour obtenir de plus amples informations à ce sujet et se renseigner sur les autres électroniques d'exploitation destinées aux mesures 2D et 3D, consultez le site internet www.heidenhain.fr ou le catalogue de produits *Électroniques d'exploitation pour applications de métrologie*.

Grâce à leurs cycles pratiques, les visualisations de cotes HEIDENHAIN **pour machines-outils conventionnelles assistent l'opérateur pendant les opérations de fraisage, perçage et tournage.**

Vous retrouverez ces visualisations de cotes sur le site internet www.heidenhain.fr ou dans le catalogue de produits *Visualisations de cotes/Systèmes de mesure linéaire pour machines-outils conventionnelles*.



Appareil avec affichage intégré –
p. ex. ND 2100 G GAGE-CHEK



Modèle modulaire – MSE 1000



Modèle de table – EIB 700



Modèle à intégrer – IK 220

ND 200

Électronique d'exploitation pour :

- équipements de mesure
- équipements de réglage et de contrôle
- postes de contrôle SPC

ND 1100 QUADRA-CHEK

Électronique d'exploitation pour :

- équipements de positionnement
- dispositifs de mesure

ND 2100 G GAGE-CHEK

Électronique d'exploitation pour :

- centrales multi-mesures
- postes de contrôle SPC

MSE 1000

Électronique d'exploitation modulaire pour :

- centrales multi-mesures
- postes de contrôle SPC

EIB 700

Électronique d'exploitation pour :

- postes de contrôle
- centrales multi-mesures
- acquisition mobile de données

IK 220

Électronique d'exploitation à intégrer dans des systèmes informatiques dotés d'une interface PCI pour :

- postes de mesure et de contrôle

¹⁾ en option sur le ND 287

Fonctions	Entrée		Interpolation ou subdivision	Sortie	Type
	Interface	Nombre			
–	 1 V _{CC}  11 μA _{CC} EnDat	1	4096 fois	V-24/RS-232-C USB Ethernet ¹⁾	ND 280
- fonctions de métrologie et statistiques (classification, séries de mesures, SPC) - deuxième système de mesure¹⁾ pour l'affichage somme/différence, compensation de température		jusqu'à 2			ND 287
- séries de mesures avec acquisition des valeurs minimum/maximum - Raccord pour système de palpage	 1 V _{CC}  TTL	2	10 fois (avec 1 V _{CC})	V-24/RS-232-C USB	ND 1102
		3			ND 1103
		4			ND 1104
- programmation de 100 pièces max. - affichage graphique des résultats de mesure - classement en fonction des limites de tolérance et d'avertissement - séries de mesures avec acquisition du minimum/maximum - saisie de formules et d'opérateurs relationnels - fonctions pour le contrôle statistique des procédés (SPC)	 1 V _{CC}  TTL EnDat	4	10 fois (avec 1 V _{CC})	V-24/RS-232-C USB	ND 2104 G
		8			ND 2108 G
- conception modulaire - configuration libre - différentes interfaces - communication rapide avec le calculateur maître - sorties universelles	 1 V _{CC}  TTL EnDat Analogique	jusqu'à 250	4096 fois	Ethernet	MSE 1000
- mesure précise des positions avec une vitesse d'actualisation pouvant atteindre 50 kHz - entrées des valeurs de mesure programmables - déclencheur (trigger) des valeurs de mesure internes et externes - mémoire pour typ. jusqu'à 250 000 valeurs de mesure par canal - liaison aux PC maîtres par Ethernet standard	 1 V _{CC}	4	4096 fois	Ethernet	EIB 741 EIB 742
- entrées des valeurs de mesure programmables - déclencheurs (trigger) de valeurs de mesure internes et externes - mémoire pour 8192 valeurs de mesure par canal - en option, modules pour sorties de systèmes de mesure et entrées/sorties externes	 1 V _{CC}  11 μA _{CC} EnDat SSI	2	4096 fois	Bus PCI	IK 220

HEIDENHAIN

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH

Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5

83301 Traunreut, Germany

☎ +49 8669 31-0

FAX +49 8669 32-5061

E-mail: info@heidenhain.de

www.heidenhain.de

Vollständige und weitere Adressen siehe www.heidenhain.de
For complete and further addresses see www.heidenhain.de

DE	HEIDENHAIN Vertrieb Deutschland 83301 Traunreut, Deutschland ☎ 08669 31-3132 FAX 08669 32-3132 E-Mail: hd@heidenhain.de	ES	FARRESA ELECTRONICA S.A. 08028 Barcelona, Spain www.farresa.es	PL	APS 02-384 Warszawa, Poland www.heidenhain.pl
	HEIDENHAIN Technisches Büro Nord 12681 Berlin, Deutschland ☎ 030 54705-240	FI	HEIDENHAIN Scandinavia AB 01740 Vantaa, Finland www.heidenhain.fi	PT	FARRESA ELECTRÓNICA, LDA. 4470 - 177 Maia, Portugal www.farresa.pt
	HEIDENHAIN Technisches Büro Mitte 07751 Jena, Deutschland ☎ 03641 4728-250	FR	HEIDENHAIN FRANCE sarl 92310 Sèvres, France www.heidenhain.fr	RO	HEIDENHAIN Reprezentantă Romania Braşov, 500407, Romania www.heidenhain.ro
	HEIDENHAIN Technisches Büro West 44379 Dortmund, Deutschland ☎ 0231 618083-0	GB	HEIDENHAIN (G.B.) Limited Burgess Hill RH15 9RD, United Kingdom www.heidenhain.co.uk	RS	Serbia → BG
	HEIDENHAIN Technisches Büro Südwest 70771 Leinfelden-Echterdingen, Deutschland ☎ 0711 993395-0	GR	MB Milionis Vassilis 17341 Athens, Greece www.heidenhain.gr	RU	OOO HEIDENHAIN 115172 Moscow, Russia www.heidenhain.ru
	HEIDENHAIN Technisches Büro Südost 83301 Traunreut, Deutschland ☎ 08669 31-1345	HK	HEIDENHAIN LTD Kowloon, Hong Kong E-mail: sales@heidenhain.com.hk	SE	HEIDENHAIN Scandinavia AB 12739 Skärholmen, Sweden www.heidenhain.se
		HR	Croatia → SL	SG	HEIDENHAIN PACIFIC PTE LTD. Singapore 408593 www.heidenhain.com.sg
		HU	HEIDENHAIN Kereskedelmi Képviselet 1239 Budapest, Hungary www.heidenhain.hu	SK	KOPRETINA TN s.r.o. 91101 Trenčín, Slovakia www.kopretina.sk
AR	NAKASE SRL. B1653AOX Villa Ballester, Argentina www.heidenhain.com.ar	ID	PT Servitama Era Toolsindo Jakarta 13930, Indonesia E-mail: ptset@group.gts.co.id	SL	NAVO d.o.o. 2000 Maribor, Slovenia www.heidenhain.si
AT	HEIDENHAIN Techn. Büro Österreich 83301 Traunreut, Germany www.heidenhain.de	IL	NEUMO VARGUS MARKETING LTD. Tel Aviv 61570, Israel E-mail: neumo@neumo-vargus.co.il	TH	HEIDENHAIN (THAILAND) LTD Bangkok 10250, Thailand www.heidenhain.co.th
AU	FCR Motion Technology Pty. Ltd Laverton North 3026, Australia E-mail: vicsales@fcrmotion.com	IN	HEIDENHAIN Optics & Electronics India Private Limited Chetpet, Chennai 600 031, India www.heidenhain.in	TR	T&M Mühendislik San. ve Tic. LTD. ŞTİ. 34775 Y. Dudullu – Ümraniye-Istanbul, Turkey www.heidenhain.com.tr
BE	HEIDENHAIN NV/SA 1760 Roosdaal, Belgium www.heidenhain.be	IT	HEIDENHAIN ITALIANA S.r.l. 20128 Milano, Italy www.heidenhain.it	TW	HEIDENHAIN Co., Ltd. Taichung 40768, Taiwan R.O.C. www.heidenhain.com.tw
BG	ESD Bulgaria Ltd. Sofia 1172, Bulgaria www.esd.bg	JP	HEIDENHAIN K.K. Tokyo 102-0083, Japan www.heidenhain.co.jp	UA	Gertner Service GmbH Büro Kiev 01133 Kiev, Ukraine www.heidenhain.ua
BR	DIADUR Indústria e Comércio Ltda. 04763-070 – São Paulo – SP, Brazil www.heidenhain.com.br	KR	HEIDENHAIN Korea LTD. Gasam-Dong, Seoul, Korea 153-782 www.heidenhain.co.kr	US	HEIDENHAIN CORPORATION Schaumburg, IL 60173-5337, USA www.heidenhain.com
BY	GERTNER Service GmbH 220026 Minsk, Belarus www.heidenhain.by	MX	HEIDENHAIN CORPORATION MEXICO 20290 Aguascalientes, AGS., Mexico E-mail: info@heidenhain.com	VE	Maquinaria Diekmann S.A. Caracas, 1040-A, Venezuela E-mail: purchase@diekmann.com.ve
CA	HEIDENHAIN CORPORATION Mississauga, Ontario L5T2N2, Canada www.heidenhain.com	MY	ISOSERVE SDN. BHD. 43200 Balakong, Selangor E-mail: sales@isoserve.com.my	VN	AMS Co. Ltd HCM City, Vietnam E-mail: davidgoh@amsvn.com
CH	HEIDENHAIN (SCHWEIZ) AG 8603 Schwerzenbach, Switzerland www.heidenhain.ch	NL	HEIDENHAIN NEDERLAND B.V. 6716 BM Ede, Netherlands www.heidenhain.nl	ZA	MAFEMA SALES SERVICES C.C. Midrand 1685, South Africa www.heidenhain.co.za
CN	DR. JOHANNES HEIDENHAIN (CHINA) Co., Ltd. Beijing 101312, China www.heidenhain.com.cn	NO	HEIDENHAIN Scandinavia AB 7300 Orkanger, Norway www.heidenhain.no		
CZ	HEIDENHAIN s.r.o. 102 00 Praha 10, Czech Republic www.heidenhain.cz	PH	Machinebanks Corporation Quezon City, Philippines 1113 E-mail: info@machinebanks.com		
DK	TPTEKNIK A/S 2670 Greve, Denmark www.tp-gruppen.dk				

Zum Abheften hier falzen! / Fold here for filing!

