

# maxon EC motor Bobinage sans fer

## Technique – sans détour

Propriétés des **moteurs EC maxon** à bobinage sans fer:

- Moteur CC sans balais (BLDC)
- Longue durée de vie
- Haute efficacité
- Gradients linéaires, excellentes caractéristiques de contrôle
- Système de bobinage maxon fixe sans fer, avec trois phases
- Faible constante de temps électrique et faible inductivité
- Sans couple de retenue
- Bonne dissipation thermique, forte capacité de surcharge
- Aimant rotatif permanent au NdFeB, avec 1 ou 2 paires de pôles.

Caractéristiques de la programme

### maxon ECX SPEED:

- Performances optimisées, vitesses élevées pouvant atteindre 120 000 tr/min
- Design robuste
- Différents modèles: par ex. court/long, stérilisable
- Faible déséquilibre résiduel
- Configurable en ligne
- Délais de livraison réduits

Caractéristiques de la programme **maxon EC:**

- Puissance optimisée, avec des vitesses de rotation atteignant 25 000 tr/min
- Design robuste
- Faible déséquilibre résiduel

Caractéristiques de la programme

### maxon EC-max:

- Rapport prix/performance compétitif
- Boîtier en acier robuste
- Vitesses jusqu'à 20 000 tr/m
- Rotor avec 1 paire de pôles

Caractéristiques de la programme **maxon ECX PRIME et EC-4pole:**

- Grande puissance grâce à un rotor doté de deux paires de pôles
- Système de bobinage tricoté de maxon avec interconnexion optimisée des enroulements partiels
- Vitesses jusqu'à 50 000 tr/m
- Matériau de retour magnétique haute puissance pour réduire les pertes par courants tourbillonnaires
- Constantes de temps mécanique inférieures à 3 ms
- Version spéciale

### Légende

L'angle de commutation est basé sur la longueur d'une séquence de commutation complète (360°). Par conséquent, la longueur d'un intervalle de commutation est de 60°. La position du rotor en fonction de l'arbre du moteur est identique pour les moteurs avec 1 paire de pôles. Les valeurs sont divisées par deux pour les moteurs avec 2 paires de pôles.

## Programme

- **ECX SPEED**
- **ECX PRIME**
- **EC**
- **EC-max**
- **EC-4pole**
- **Avec capteurs Hall**
- **Sans capteurs Hall**
- **Avec électronique intégrée**
- **Stérilisable**
- **Heavy Duty**

## Commutation électrique

### Commutation en bloc avec capteurs Hall

L'information de la position du rotor est fournie par 3 capteurs à effet Hall intégrés au moteur. Ces capteurs, disposés à 120°, délivrent six combinaisons de couplage différentes à chaque tour du moteur. Les trois éléments du bobinage sont alors parcourus par du courant au cours de six phases distinctes. La tension et le courant ont une forme de bloc. La position de chaque commutation électronique est décalée de 30° par rapport au sommet du couple rotatif.

### Propriétés de la commutation par bloc

- Électronique relativement simple et peu coûteuse
- Ondulation du couple de 14%
- Démarrage contrôlé
- Fort couple de démarrage et d'accélération possible
- Servocommande fonctionnement en Start-Stop
- Positionnement
- Les données des moteurs EC maxon sont établies par commutation par bloc.

### Commutation par bloc

#### Variations des signaux aux bornes des capteurs Hall

Phase active	I	II	III	IV	V	VI
Position du rotor	60	120	180	240	300	360
Capteur Hall 1	1	1	0	0	0	0
Capteur Hall 2	0	1	1	0	0	0
Capteur Hall 3	0	0	1	1	0	0

#### Tension appliquée (Phase-Phase)

U <sub>1-2</sub>	+					
U <sub>2-3</sub>		+				
U <sub>3-1</sub>			+			

- 1 Flasque avant
- 2 Carcasse
- 3 Tôles statoriques
- 4 Bobinage
- 5 Aimant permanent
- 6 Arbre
- 7 Circuit avec capteurs à effet Hall
- 8 Aimant de commande
- 9 Roulements
- 10 Flasque arrière

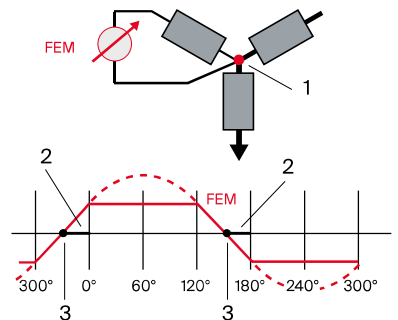
### Commutation sans capteur

La position du rotor se détermine à partir du comportement de la tension induite. L'électronique utilise le passage à zéro de la tension induite et commute le courant du moteur après une pause dépendant de la vitesse (30° après le passage à 0). A l'arrêt et aux faibles vitesses, le signal est trop faible et le passage par zéro ne peut pas être détecté de manière suffisante. On utilise alors des algorithmes de démarrage spécifiques (de manière analogue à la commande de moteurs pas-à-pas). Pour permettre au moteur EC couplé en triangle d'être commuté sans capteurs, l'électronique se charge de créer un point neutre virtuel dans un schéma en étoile.

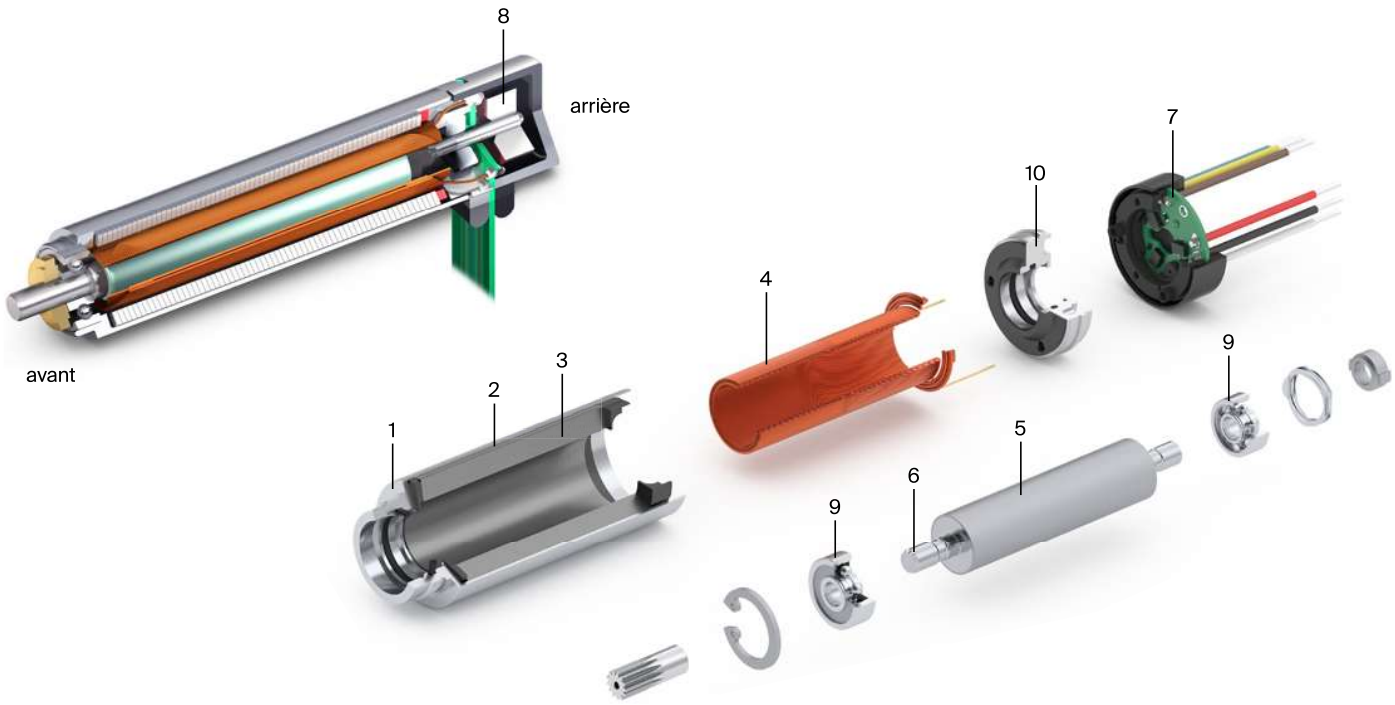
### Propriétés de la commutation sans capteurs

- Ondulation du couple de 14% (commande à signal par bloc)
- Pas de démarrage défini
- Ne convient pas aux basses vitesses et pour une utilisation dans des applications dynamiques
- Service continu à haute vitesse
- Ventilateurs, fraiseuses, perceuses

### Commutation sans capteurs



Le diagramme s'applique à la phase 1



**Commutation sinusoïdale**

Les signaux à haute résolution délivrés par le codeur ou le résolveur sont utilisés par l'électronique pour alimenter le moteur avec des courants sinusoïdaux. Ces courants sont dirigés vers les trois phases du moteur en fonction de la position du rotor avec un déphasage de 120° (commutation sinusoïdale). Ceci procure au moteur une marche précise et très douce, ainsi qu'une régulation de haute valeur.

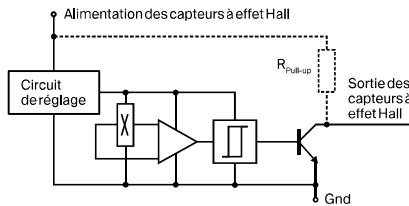
**Propriétés de la commutation sinusoïdale**

- Électronique plus coûteuse
- Commande vectorielle (FOC)
- Aucune ondulation du couple
- Constance de marche excellente à basse vitesse
- Couple permanent env. 5% plus élevé qu'en cas de commutation par bloc
- Entraînements de précision hautement dynamique
- Applications de positionnement

**Couplage des capteurs à effet Hall**

En règle générale, la sortie à collecteur ouvert des capteurs à effet Hall ne dispose pas de sa propre résistance d'excursion haute, car cette dernière est intégrée aux commandes maxon. Les exceptions sont indiquées dans les fiches techniques des moteurs.

**Schéma de câblage de capteurs Hall**

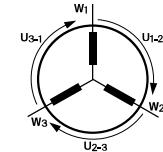


La consommation électrique typique d'un capteur à effet Hall est de 4 mA (sortie capteur à effet Hall = «High»).

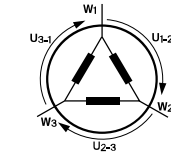
**Couplage des éléments du bobinage**

Le bobinage maxon en forme de losange se décompose en trois enroulements partiels, chacun à 120°, qui peuvent être couplés soit en «étoile», soit en «triangle». Ceci permet de modifier la vitesse de rotation et le couple fourni par un facteur  $\sqrt{3}$ . Le choix du couplage des éléments du bobinage ne joue pas un rôle décisif dans le choix du moteur. Il est important que les paramètres spécifiques du moteur (constantes de vitesse et de couple) correspondent aux exigences.

**«Couplé en étoile»**



**«Couplé en triangle»**



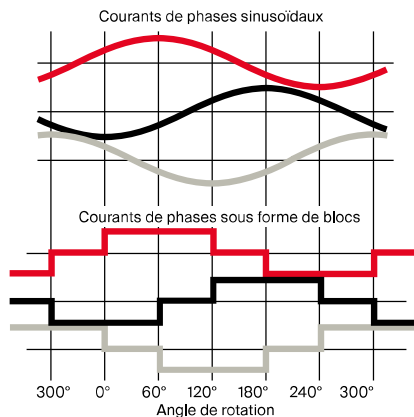
**Durée de vie**

La longue durée de vie des moteurs sans balais est rendue par des roulements à billes préchargés.

- Ces roulements sont conçus pour fonctionner des dizaines de milliers d'heures
- La durée de vie est fonction de la vitesse maximale, du balourd résiduel et de la charge appliquée aux roulements

Pour obtenir des explications plus approfondies, reportez-vous à la page 190 ou au document «The selection of high-precision microdrives» du Dr. Urs Kafader.

**Courants en commutation par bloc et sinusoïdale**



**Légende**

- 1 Point neutre
- 2 Retard de 30°e
- 3 Passage à zéro de la FEM

# maxon EC motor Bobinage à âme de fer

## Technique – sans détour

Propriétés des **moteurs EC** avec bobinage à âme de fer:

- Moteur CC sans balais (BLDC)
- Longue durée de vie
- Vitesses pouvant atteindre environ 20 000 tr/min
- Inertie relativement élevée
- Gradients présentant une variation par rapport à l'image nettement linéaire
- Aimant permanent au NdFeB à pôles multiples
- Pas de commutation plus petits
- Signaux de capteur à effet Hall adaptés aux contrôleurs de vitesse et de position simples
- Bobinage fixe avec âme en fer et plusieurs dents par phase
- Faible couple de retenue magnétique
- Bonne dissipation thermique, forte capacité de surcharge

Propriétés de la gamme **maxon ECX TORQUE**

- Dynamique maximum grâce au rotor intérieur multipolaire
- Constante de temps mécanique inférieure à une milliseconde
- Densité de couple élevée
- Configuration possible en ligne
- Livraison rapide

Properties of the **maxon IDX** program:

- High continuous torque
- High power density
- IP65-protected design
- Easily configured online

Propriétés de la gamme **maxon EC-i**:

- Dynamique élevée fournie par le rotor multipôle interne
- Constantes de temps mécanique inférieures à 3 ms
- Haute densité de couple
- Vitesses jusqu'à 15 000 tr/min

Caractéristiques des programmes **maxon ECX-FLAT** et **EC-flat**:

- Rapport prix/performance compétitif
- Couple élevé fourni par le rotor multipôle externe
- Excellente dissipation thermique à des vitesses élevées, grâce à une conception ouverte
- Modèles à rotor ouvert ou ventilateur pour des couples encore supérieurs
- Forme plate adaptées aux espaces limités

Caractéristiques de la gamme **maxon IDX**:

- Couple permanent élevé
- Haute densité de puissance
- Design avec protection IP65
- Configurable en ligne

### Légende

L'angle de commutation est basé sur la longueur d'une séquence de commutation complète (360°e). Par conséquent, la longueur d'un intervalle de commutation est de 60°e. L'écart angulaire entre deux positions d'axe peut être calculé en divisant l'angle de commutation électrique (60°e) par le nombre de paires de pôles.

## Programme

- **ECX TORQUE**
- **IDX**
- **ECX FLAT**
- **EC-i**
- **EC flat**
- **Avec capteurs Hall**
- **Sans capteurs Hall**
- **Avec électronique intégrée**

## Commutation électrique

### Commutation en bloc avec capteurs Hall

La position du rotor est renvoyée par trois capteurs à effet Hall intégrés qui fournissent six combinaisons de coupure différentes par séquence de commutation. Les trois phases sont parcourus par du courant au cours de six phases distinctes conformément aux informations fournies par les capteurs. Les gradients de puissance et de tension présentent une forme de bloc. La position de coupure de chaque commutation électronique est symétrique au maximum de couple respectif.

### Propriétés de la commutation par bloc

- Électronique relativement simple et peu coûteuse
- Démarrage contrôlé
- Fort couple de démarrage et d'accélération possible
- Servocommande, fonctionnement en Start-Stop
- Positionnement
- Les données des moteurs EC maxon sont établies par commutation par bloc.

- 1 Flasque avant
- 2 Carcasse
- 3 Tôles statoriques
- 4 Bobinage
- 5 Aimant permanent
- 6 Arbre
- 7 Circuit avec capteurs à effet Hall
- 8 Roulements préchargés
- 9 Précontrainte
- 10 Flasque arrière

### Commutation sans capteur

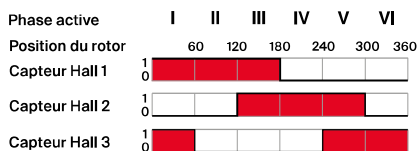
La position du rotor se détermine à partir du comportement de la tension induite. L'électronique utilise le passage à zéro de la tension induite et commute le courant du moteur après une pause dépendant de la vitesse (30°e après le passage à 0). A l'arrêt et aux faibles vitesses, le signal est trop faible et le passage par zéro ne peut pas être détecté de manière suffisante. On utilise alors des algorithmes de démarrage spécifiques (de manière analogue à la commande de moteurs pas-à-pas). Pour permettre au moteur EC couplé en triangle d'être commuté sans capteurs, l'électronique se charge de créer un point neutre virtuel dans un schéma en étoile.

### Propriétés de la commutation sans capteurs

- Pas de démarrage défini
- Ne convient pas aux basses vitesses et pas pour une utilisation dans des applications dynamiques
- Service continu à haute vitesse (ventilateurs, pompe)

### Commutation par bloc

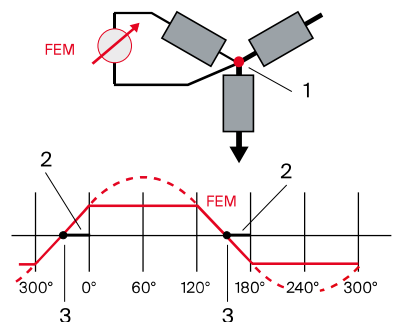
#### Variations des signaux aux bornes des capteurs Hall



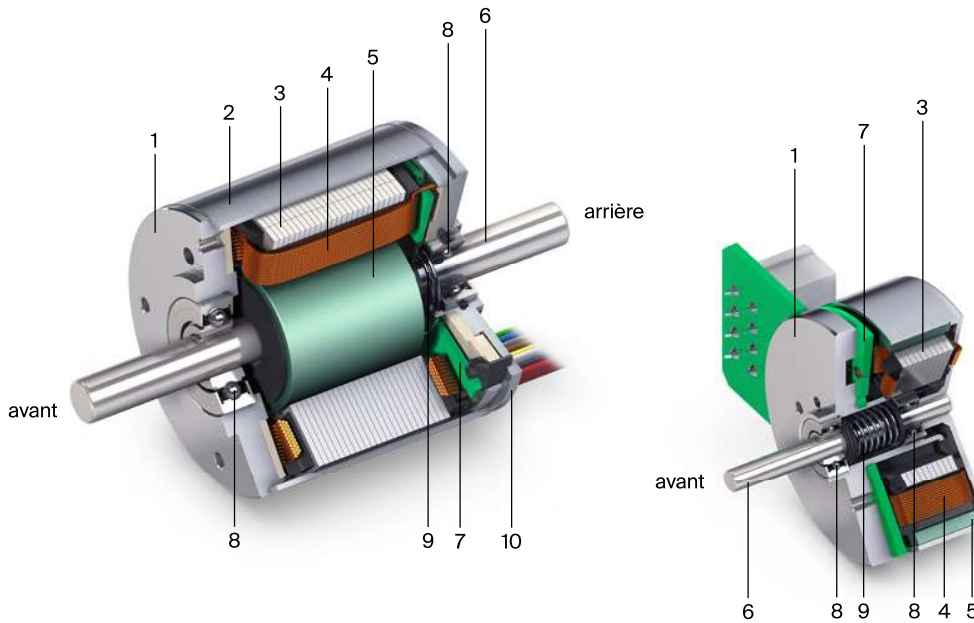
#### Tension appliquée (Phase-Phase)



### Commutation sans capteurs



Le diagramme s'applique à la phase 1

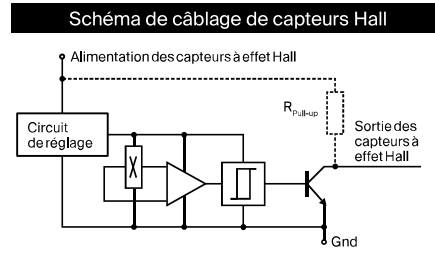


**Commutation sinusoïdale**

La commutation sinusoïdale ou la commande vectorielle (FOC) des moteurs EC à bobinage rainuré est normalement possible. Le couple de retenue limite l'avantage principal de la commutation sinusoïdale, à savoir le haut niveau de synchronisation.

**Couplage des capteurs à effet Hall**

En règle générale, la sortie à collecteur ouvert des capteurs à effet Hall ne dispose pas de sa propre résistance d'excursion haute, car cette dernière est intégrée aux commandes maxon. Les exceptions sont indiquées dans les fiches techniques des moteurs.

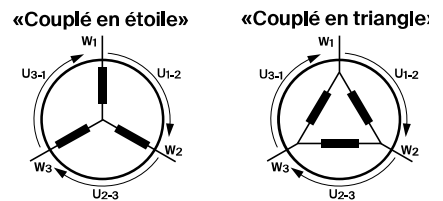


La consommation électrique typique d'un capteur à effet Hall est de 4 mA (sortie capteur à effet Hall = «High»).

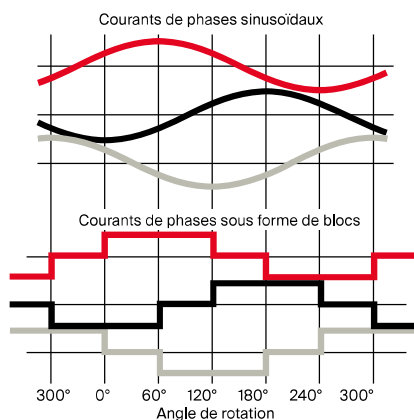
**Couplage des éléments du bobinage**

Le bobinage est divisé en trois bobinages partiels comportant plusieurs dents de stator chacun, qui peuvent être couplés soit en «étoile», soit en «triangle». Ceci permet de modifier la vitesse de rotation et le couple fourni par un facteur  $\sqrt{3}$ .

Le choix du couplage des éléments du bobinage ne joue pas un rôle décisif dans le choix du moteur. Il est important que les paramètres spécifiques du moteur (constantes de vitesse et de couple) correspondent aux exigences.



**Courants en commutation par bloc et sinusoïdale**



**Légende**

- 1 Point neutre
- 2 Retard de 30°
- 3 Passage à zéro de la FEM

**Paliers et durée de vie**

La longue durée de vie des moteurs sans balais est rendue possible par des paliers à roulements à billes préchargés.

- Ces paliers sont conçus pour fonctionner des dizaines de milliers d'heures
- La durée de vie est fonction de la vitesse maximale, du déséquilibre résiduel et de la charge appliquée aux paliers.

Pour obtenir des explications plus approfondies, reportez-vous à la page 190 ou au document «The selection of high-precision microdrives» du Dr. Urs Kafader.

Dans le cas des kits moteur frameless, le rotor et le stator sont livrés séparément, sans paliers ni arbre de moteur. Le moteur complet est disponible après l'assemblage des deux composants.

### Caractéristiques des moteurs maxon EC frameless

- Moteur DC sans balais (BLDC) à entraînement direct
- Longue durée de vie
- Couple élevé grâce à la conception multipolaire du moteur avec aimants permanents NdFeB
- Bobinage avec noyau ferreux et plusieurs dents par phase dans le stator
- Léger couple de saillance
- Courbes caractéristiques divergeant d'un comportement strictement linéaire
- Bonne dissipation de chaleur, possibilité de surcharge élevée
- Capteur pour la surveillance de la température (conducteur chaud NTC)
- Conception plate pour une intégration peu encombrante dans l'application
- Arbre creux pour le passage de câbles, de vide, de la lumière, etc.

### Caractéristiques du programme maxon EC frameless:

- Couples élevés grâce au rotor extérieur multipolaire
- Vitesse de rotation pouvant atteindre 10 000 tr/min
- Signaux de capteur à effet hall utilisables pour vitesse et régulations de position

### Caractéristiques de la gamme maxon EC frameless Dynamic Torque (DT):

- Dynamique maximum grâce au rotor intérieur multipolaire
- Constante de temps mécanique inférieure à une milliseconde
- Densité de couple élevée
- Vitesse de rotation pouvant atteindre 5000 tr/min
- Codeur TSX MAG en option avec signaux de commutation supplémentaires

### Légende

L'angle de commutation est basé sur la longueur d'une séquence de commutation complète (360°e). Par conséquent, la longueur d'un intervalle de commutation est de 60°e. L'écart angulaire entre deux positions d'axe peut être calculé en divisant l'angle de commutation électrique (60°e) par le nombre de paires de pôles.

## Programme

- EC frameless flat
- EC frameless DT
- Avec capteurs Hall
- Sans capteurs Hall

## Commutation électrique

### Commutation par bloc avec capteurs à effet hall

Le message en retour informant de la position du rotor est émis par trois capteurs à effet hall incorporés dans le moteur ou par le codeur TSX en option. Les capteurs à effet hall, décalés de 120°, fournissent six combinaisons de commutation différentes par rotation. Les trois bobinages partiels sont maintenant alimentés en six phases conductrices différentes en fonction des informations du capteur. Les courbes de courant et de tension sont carrées. La position de chaque commutation électronique est décalée de 30° par rapport au point de crête du couple correspondant.

### Propriétés de la commutation par bloc

- Électronique relativement simple et peu coûteuse
- Ondulation du couple de 14%
- Démarrage contrôlé
- Fort couple de démarrage et d'accélération possible
- Servocommande fonctionnement en Start-Stop
- Positionnement
- Les données des moteurs EC maxon sont établies par commutation par bloc.

- 1 Stator
- 2 Bobinage
- 3 Rotor
- 4 Aimant permanent
- 5 Platine avec capteurs à effet hall

### Commutation sinusoïdale

La commutation sinusoïdale ou la commande vectorielle (FOC) est en principe possible pour les moteurs EC frameless avec bobinage rainuré. La condition préalable est qu'un codeur puisse être monté. L'avantage principal de la commutation sinusoïdale – son fonctionnement régulier – ne se manifeste que de manière limitée en raison du couple de saillance.

Les signaux haute résolution d'un codeur sont utilisés en électronique pour générer des courants moteurs sinusoïdaux. Les courants traversant les trois bobinages du moteur dépendent de la position du rotor et sont à phase décalée de 120° chacun (commutation sinusoïdale).

### Caractéristiques de la commutation sinusoïdale

- Électronique complexe
- Nécessite un codeur
- Commande vectorielle (FOC) précise et de haute qualité
- Couple permanent environ 5 % plus élevé que sur la commutation en bloc
- Entraînement servo hautement dynamique
- Tâches de positionnement.

### Commutation par bloc

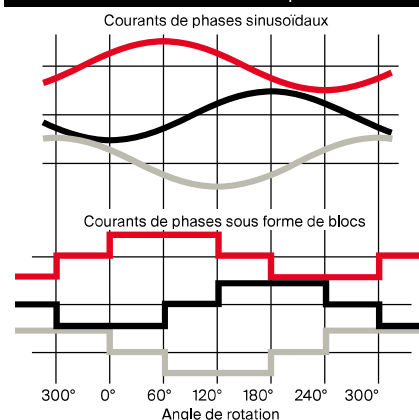
#### Variations des signaux aux bornes des capteurs Hall

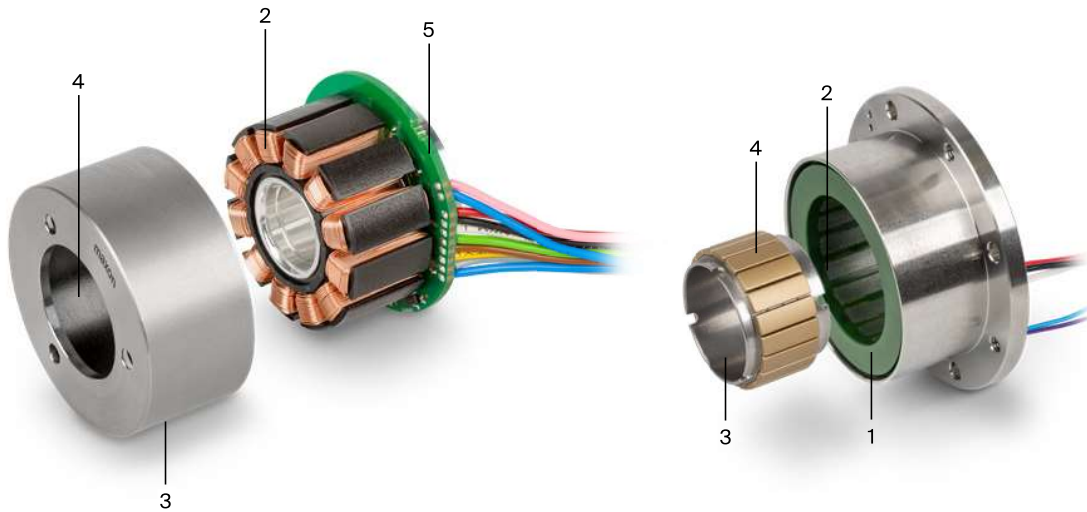
Phase active	I	II	III	IV	V	VI
Position du rotor	60	120	180	240	300	360
Capteur Hall 1	1	1	1	0	0	0
Capteur Hall 2	0	1	1	1	0	0
Capteur Hall 3	0	0	1	1	1	0

#### Tension appliquée (Phase-Phase)

U <sub>1-2</sub>	+					
U <sub>2-3</sub>		+				
U <sub>3-1</sub>			+			

### Commutation sans capteurs





**Codeur TSX MAG**

Le module codeur TSX MAG en option peut être combiné avec le moteur EC frameless DT. Le rotor est complété par un anneau magnétique supplémentaire. Le module TSX MAG est monté sur le stator sans perturber l'arbre creux du rotor et est programmé de manière à émettre également des signaux de commutation corrects. Pour cela, le rotor et le stator doivent être livrés appariés.

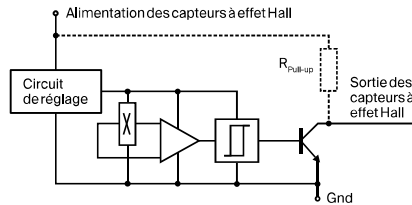
**Couplage des capteurs à effet Hall**

En règle générale, la sortie à collecteur ouvert des capteurs à effet Hall ne dispose pas de sa propre résistance d'excursion haute, car cette dernière est intégrée aux commandes maxon. Les exceptions sont indiquées dans les fiches techniques des moteurs.

**Intégration et durée de vie**

Les moteurs frameless sont des entraînements directs à intégrer dans l'application. Les instructions de montage disponibles sur le site de maxon donnent des spécifications détaillées pour un montage optimal. La durée de vie sera principalement définie par le montage de roulement choisi et les conditions de fonctionnement (charge de roulement, vitesse).

**Schéma de câblage de capteurs Hall**



La consommation électrique typique d'un capteur à effet Hall est de 4 mA (sortie capteur à effet Hall = «High»).

