



## BGR – 300 BOULE GYROSTABILISEE 2 ETAGES

## DOCUMENTS RESSOURCES



### Table des matières

Fiche 1	Présentation Générale .....	2
	Description générale .....	2
	Le principe de l'Euroflir .....	2
	Le double étage de l'Euroflir .....	2
Fiche 2	Mise en service .....	4
	Description générale .....	4
	Mise en service .....	4
	Commande du BGR avec le casque .....	4
Fiche 3	Interface de pilotage, paramétrage et acquisition pc .....	6
	Envoyer une consigne de déplacement à un axe .....	6
Fiche 4	Ingénierie Systèmes – Diagrammes SysML .....	7
	Diagramme des exigences .....	7
	Diagrammes de blocs .....	7
	Diagramme de blocs internes .....	8
Fiche 5	Description structurelle .....	10
	Lunettes avec module AHRS .....	12
	Inclinomètre QG30 (Situé sous la boule) .....	12
	Capteur angulaire de position relative QR30 .....	12
	Motorisation axe 1 « Boule » .....	12
	Motorisation axe 2 « Optique » .....	13
	Gyromètre NavG-01 (Sur l'axe optique) .....	15

# Fiche 1 PRESENTATION GENERALE

## Description générale

Les hélicoptères sont des aéronefs dont l'un des intérêts est de pouvoir effectuer des vols proches du relief. Suivant les conditions climatiques (tempête de sable, brouillard ou vol de nuit par exemple), la propre vision du pilote et l'instrumentation de navigation classique peuvent être insuffisantes pour assurer la sécurité du vol. Pour pallier cela, la société « Safran™ » propose le système de vision en réalité augmentée « Euroflir™ » composé du casque « TopOwl™ » et d'un FLIR (Forward Looking InfraRed).

La vision en réalité augmentée consiste à venir projeter sur la visière du casque TopOwl une image prise par une des caméras du FLIR. L'image projetée se superpose au paysage visible à travers la visière de façon à améliorer la vision du pilote. De nuit, par temps de brouillard ou de tempête, l'image peut être une image infrarouge ou thermique. En plus de l'image, des informations peuvent être ajoutées sur la projection ; par exemple des données GPS, des routes, des informations de vol.

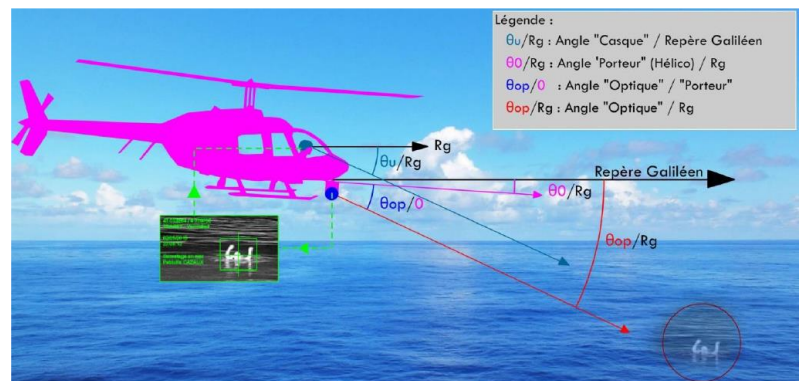


## Le principe de l'Euroflir

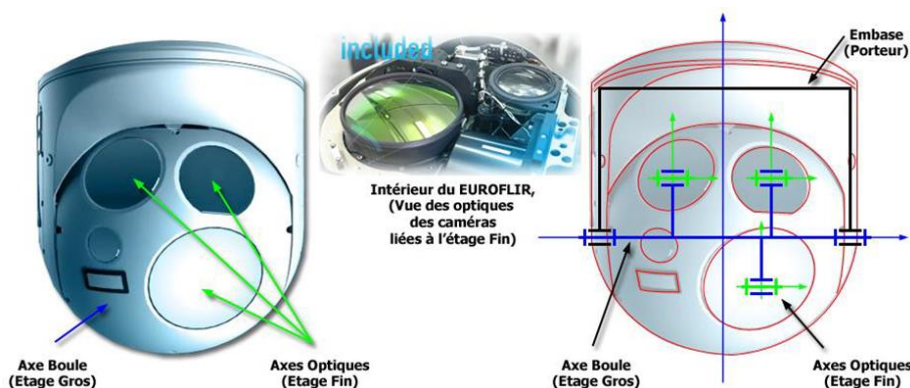
Le FLIR est une boule optronique modulaire pouvant intégrer plusieurs caméras, cet ensemble est orientable et gyrostabilisé, c'est-à-dire que les caméras sont capables de garder une même ligne de visée ( $\theta_{op}$ ) par rapport au référentiel terrestre ( $R_g$ ), quels que soient les mouvements ( $\theta_0$ ) de l'hélicoptère (illustration ci-dessus).

Le casque est placé sur la tête du pilote et le FLIR sur l'avant du porteur, la ligne de visée ( $\theta_{op}$ ) des caméras est conforme à la ligne de visée ( $\theta_u$ ) du pilote :

- ❑ le retard entre la prise de vue et son affichage n'est pas visible par le pilote ;
- ❑ la prise de vue n'est pas perturbée par les mouvements du porteur.



## Le double étage de l'Euroflir



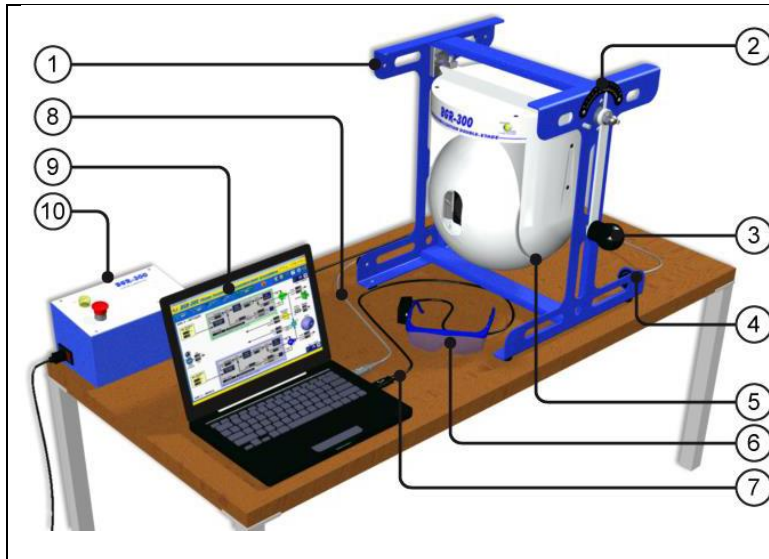
Afin de limiter l'influence des vibrations du porteur sur la ligne de visée et augmenter la précision de son orientation, les ingénieurs de chez Safran™ ont choisi de décomposer l'axe motorisé d'élévation en deux étages (illustration ci-dessus) :

- ❑ le premier étage, appelé étage gros (Axe BOULE), est en prise directe avec l'air et est donc soumis aux effets aérodynamiques lors des mouvements du porteur ;
- ❑ le second, appelé étage fin (Axe OPTIQUES), est protégé des effets aérodynamiques grâce au carter sphérique solidaire de l'étage gros.

Cet étage fin est en liaison pivot avec l'étage gros d'élévation. L'inertie des éléments déplacés par l'étage fin d'élévation est plus faible que celle de l'étage gros d'élévation et les choix de motorisation permettent d'atteindre des accélérations et des vitesses élevées. Cependant, l'amplitude du mouvement de l'étage fin est limitée.

## Fiche 2 MISE EN SERVICE

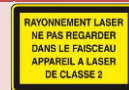
### Description générale



- 1 Support** (2 positions) : le support permet de faire fonctionner le système dans 2 plans différents.
- 2 Mesure angulaire** : la règle graduée et son repère permettent de relever l'angle du porteur.
- 3 Commande manuelle** : ce dispositif permet de perturber le système (simulation des mouvements du porteur).
- 4 et 8 Connecteur USB** (PC - BGR-300)
- 5 BGR-300**
- 6 Lunettes « AHRS »** : ces lunettes permettent d'utiliser la commande « Casque » du système.
- 7 Liaison USB** (PC – lunettes « AHRS »).
- 9 Interface de pilotage, de paramétrage et d'acquisition** : permet de piloter et de paramétrer le BGR-300 et aussi de réaliser des acquisitions.
- 10 Pupitre d'alimentation** : pupitre contenant l'alimentation 24V et 5V du BGR-300.

### Mise en service

S'assurer que l'optique du BGR soit orientée vers un mur de façon à ce que le faisceau laser ne puisse être regardé directement.



#### Lancement de l'interface

1. S'assurer que le BGR pointe vers un mur.
2. S'assurer que les lunettes sont raccordées au port USB.
3. S'assurer que le bouton d'urgence n'est pas enclenché.
4. Appuyer sur le bouton latéral du pupitre d'alimentation.
5. Lancer l'interface BGR-300.

#### Connexion du système

1. Cliquer sur l'interrupteur « connexion ». La connexion s'établit.
2. Initialiser la position des axes et le gyromètre « optique » en appuyant sur OK.
3. Lorsque l'initialisation est réalisée, cliquer sur OK.
4. Cliquer sur « Fonctions » pour activer la stabilisation. Valider les fonctions sélectionnées.
5. Pour tester la gyrostabilisation vous pouvez activer le laser et incliner le BGR à l'aide de la commande manuelle.
6. Vous pouvez vérifier l'évolution de la position angulaire sur la fenêtre « Visualisation cinématique » ou en activant le pointeur laser.



### Commande du BGR avec le casque

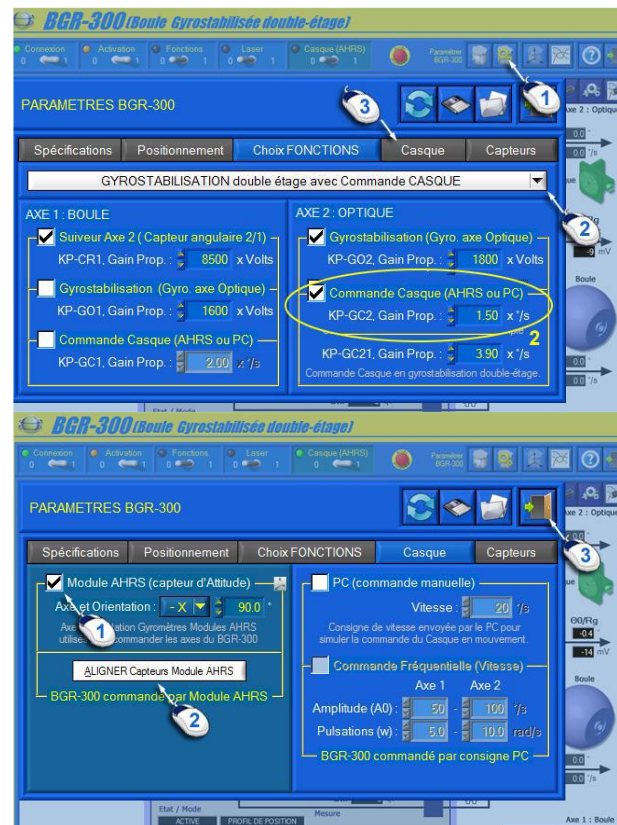
#### Activation de la stabilisation et des lunettes

- ☐ Pour activer les lunettes, les poser sur la table puis cliquer sur casque (AHRS) (désactiver « Fonctions » si cela n'a pas été fait).
  - Sélectionner le port COM et valider les différentes étapes.
- ☐ La position angulaire et la vitesse angulaire du casque sont alors mesurables.



1. Cliquez dans le menu graphique de la fenêtre principale sur l'icône "Paramétrer BGR-300".
2. Sélectionnez dans le Panneau "PARAMETRES BGR-300", onglet "Choix FONCTIONS", les Fonctions "GYROSTABILISATION double-étage avec Commande CASQUE", la Commande Casque est alors cochée.
3. Sélectionnez l'onglet "Casque" ...

1. Cochez "Module AHRS" dans l'onglet "Casque" pour activer la commande Casque avec le Module AHRS ;
2. Si vous le souhaitez, avant d'activer la commande Casque, vous pouvez réinitialiser le Module AHRS (alignement de ses capteurs) ;
3. Cliquez sur l'icône "Quitter" pour quitter les paramètres BGR-300, la commande casque à l'aide du Module AHRS est sélectionnée.
4. Cliquer sur le bouton « Fonctions » et valider les différentes étapes.
5. Mettez les lunettes, activez le laser et observez.
6. Si le BGR se met à vibrer, désactiver le bouton « Fonctions » ou appuyer sur le bouton d'arrêt d'urgence.





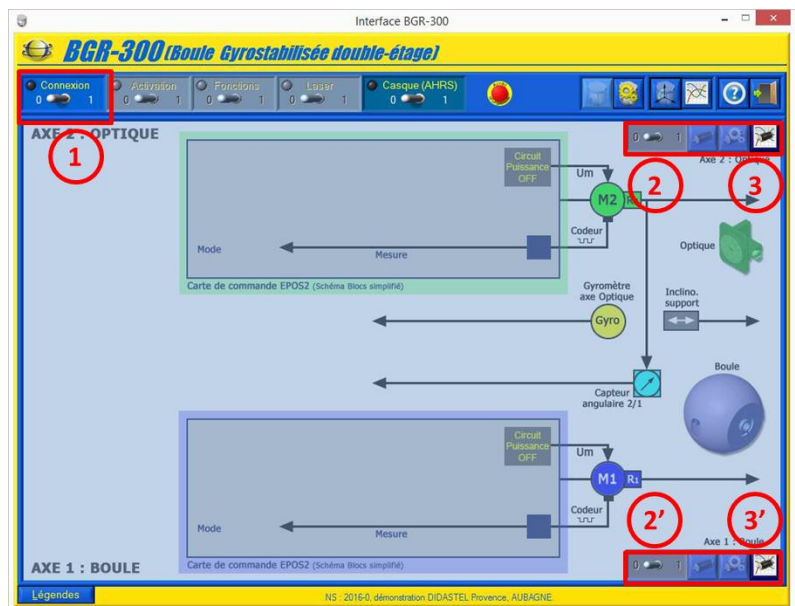
# Fiche 3 INTERFACE DE PILOTAGE, PARAMETRAGE ET ACQUISITION PC

L'interface d'acquisition permet de réaliser les réglages et mesures suivants :

- ☐ Choisir les Fonction de Gyrostabilisation du BGR-300 :
  - Gyrostabilisation double-étage (Contexte EuroFlir) ou simple-étage ;
  - Avec ou sans Commande Casque (Commande collaborative) ;
- ☐ Piloter les axes sans fonctions de Gyrostabilisation (banc d'asservissement) :
  - Profil de Position et Consigne de Position ;
  - Consigne de Vitesse ;
  - Consigne de Courant ;
- ☐ Paramétrer les boucles de Gyrostabilisation :
  - Gain Proportionnel des boucles de Gyrostabilisation ;
  - Activation et réglage des Filtres du Gyromètre ;
- ☐ Paramétrer la carte de commande Epos (asservissement) :
  - PID Position ;
  - PI Vitesse ;
  - PI Courant ;
- ☐ Visualiser et acquérir les grandeurs physiques suivantes :
  - Consigne de Position et Position axe ;
  - Consigne de Vitesse et Vitesse axe ;
  - Consigne de Courant et Courant Moteur ;
  - Signaux capteurs (Gyromètre, inclinomètre, codeur et capteur relatif de position).

## Envoyer une consigne de déplacement à un axe

1. Connecter l'interface (et déconnecter l'activation)
2. Choisir l'axe à solliciter (Boule ou Optique)
3. Cliquer sur l'icône de droite « Acquisition axe »



4. Choisir les courbes désirées.
5. Solliciter l'axe avec la consigne souhaitée.

### Choix des courbes à afficher :

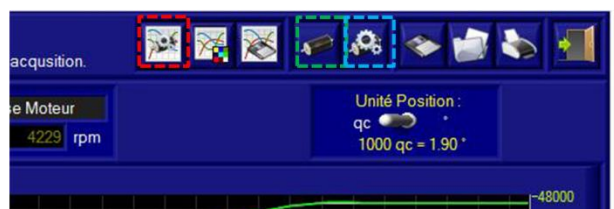
- consigne de position;
- position moteur;
- consigne de vitesse;
- vitesse moteur;
- consigne de courant;
- courant moteur.

### Sollicitation de l'axe :

- profil de position;
- position;
- vitesse;
- courant.

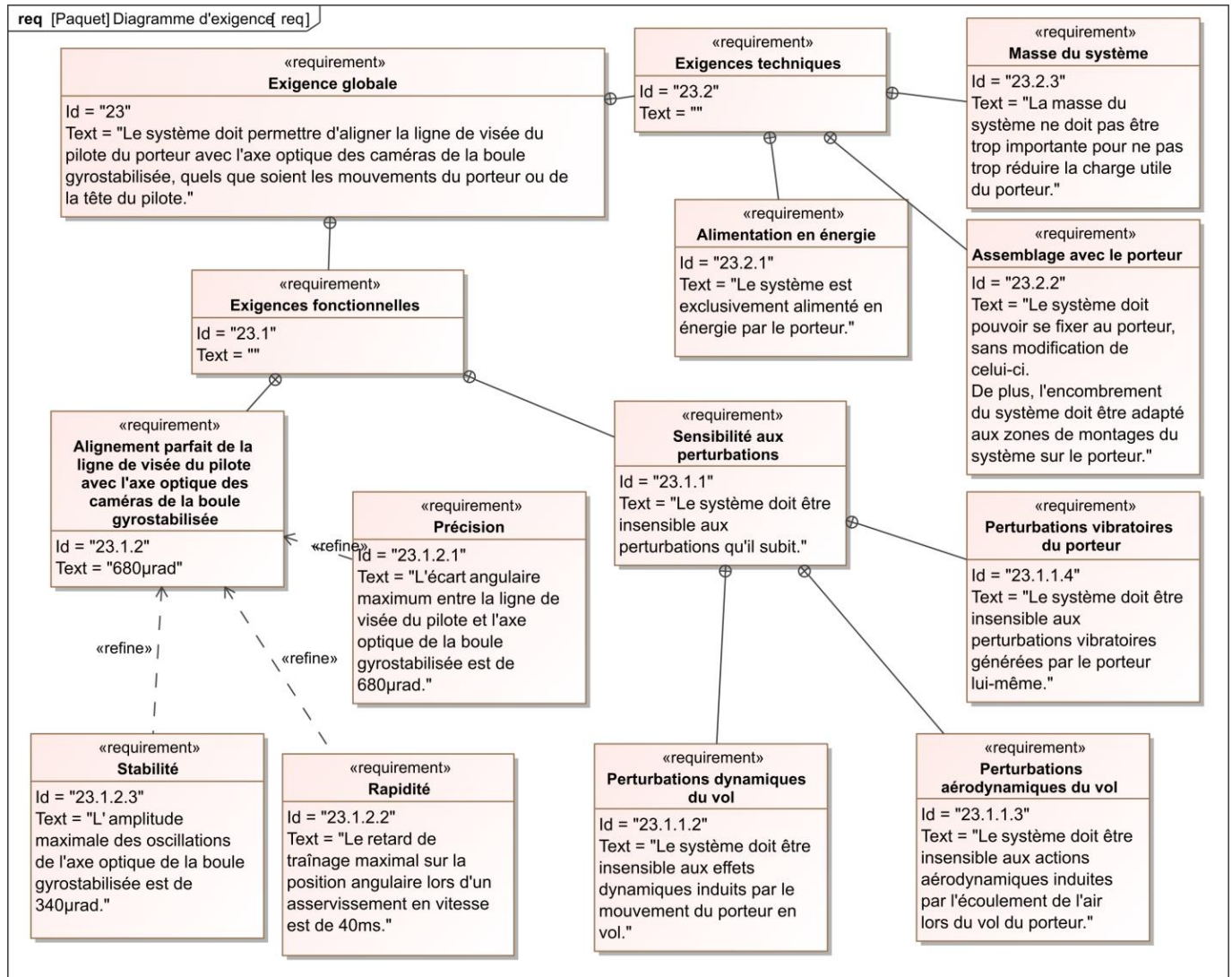
### Paramètre Axe

- choix des correcteurs;
- Options de sécurité...

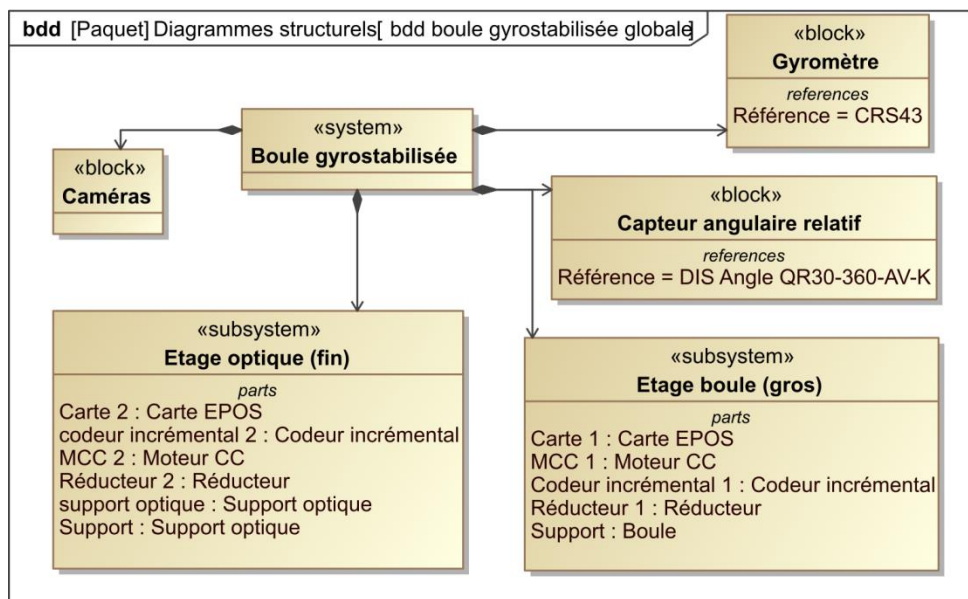


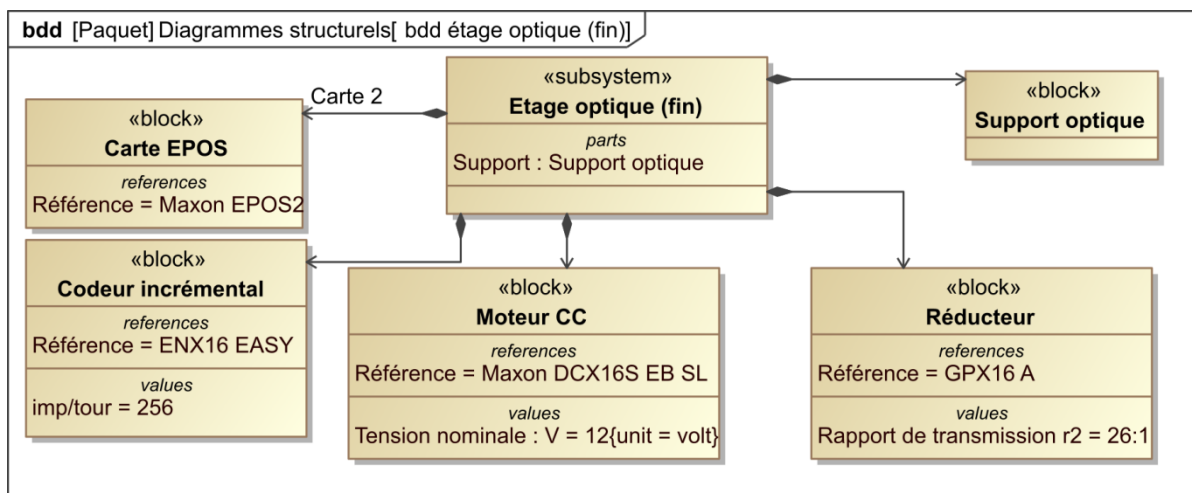
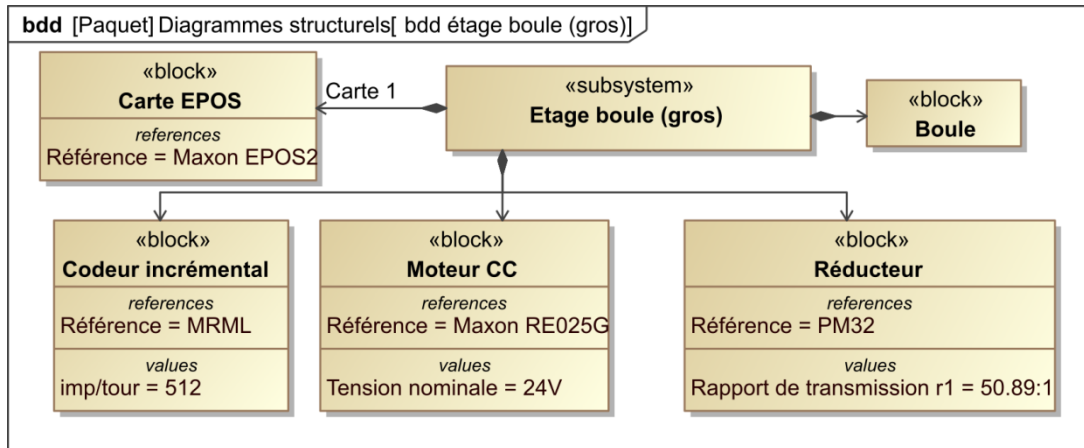
# Fiche 4 INGENIERIE SYSTEMES – DIAGRAMMES SysML

## Diagramme des exigences

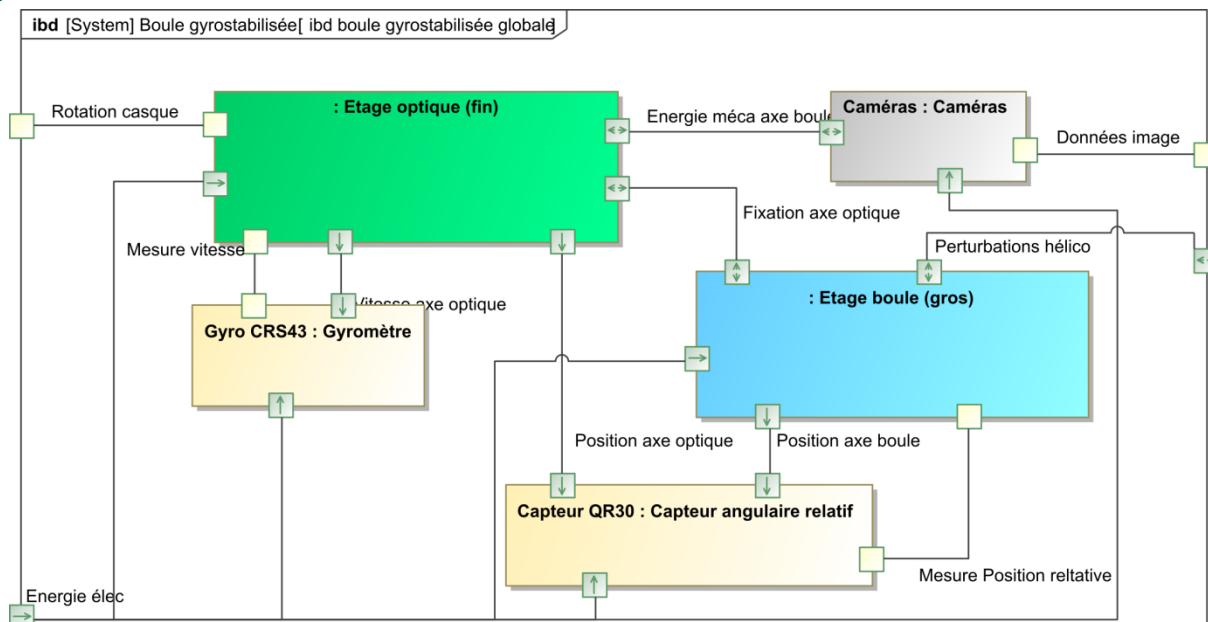


## Diagrammes de blocs

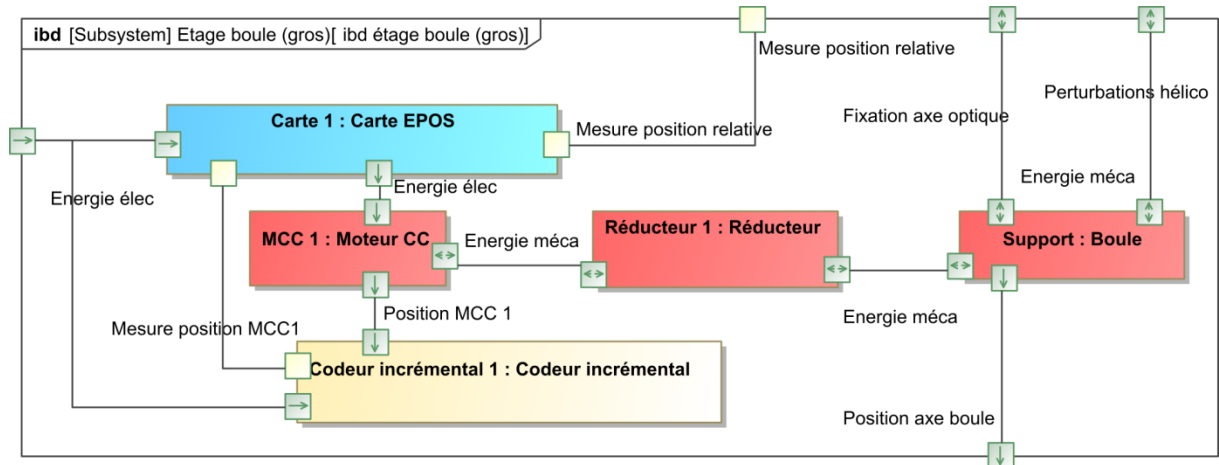




## Diagramme de blocs internes



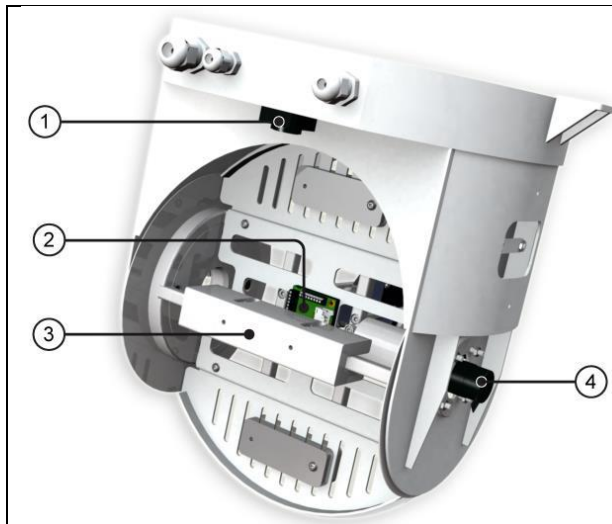




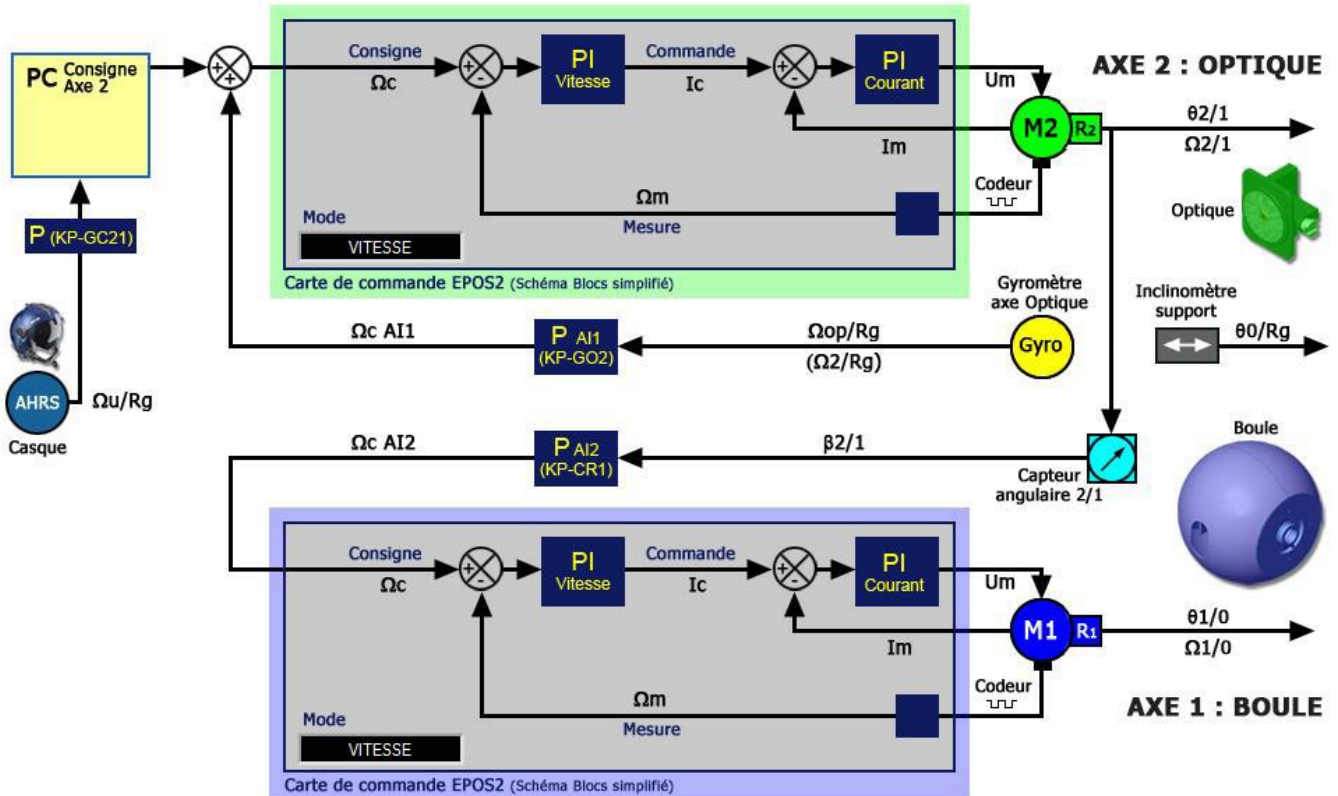
## Fiche 5 DESCRIPTION STRUCTURELLE



- 1 Carte de commande axe 1 (« Boule »)
- 2 Motoréducteur axe 1 (« Boule »)
- 3 Motoréducteur axe 2 (« Optique »)
- 4 Ensemble optique avec laser
- 5 Capteur angulaire position relative 2/1
- 6 Masses additionnelles plateau
- 7 Bornier alimentation (24 V et 5 Vcc)
- 8 Embase
- 9 Gyromètre
- 10 Butées réglables axe1 (« BOULE »)
- 11 Plateau (Axe 1)



- 1 Inclinomètre embase
- 2 Carte de commande axe 2 « optique »
- 3. Masse d'équilibrage axe 1 « boule »
- 4. Cordeur axe 1 « boule »



**BGR-300 :**

$\theta 0/Rg$  : Position Embase / rep. Galiléen (Inclinomètre)  
 $\theta 1/0$  : Position Axe 1 "BOULE" / Embase (Codeur moteur)  
 $\Omega 1/0$  : Vitesse Axe 1 "BOULE" / Embase (Codeur moteur)  
 $\theta 2/1$  : Position Axe 2 "OPTIQUE" / Axe 1 (Codeur moteur)  
 $\Omega 2/1$  : Vitesse Axe 2 "OPTIQUE" / Axe 1 (Codeur moteur)  
 $\beta 2/1$  : Position Axe 2 "OPTIQUE" / Axe 1 (Capteur angulaire)

**Casque (utilisateur) :**

$\theta u/Rg$  : Position Casque / rep. Galiléen (angle module AHRS)  
 $\Omega u/Rg$  : Vitesse Casque / rep. Galiléen (gyro. module AHRS)

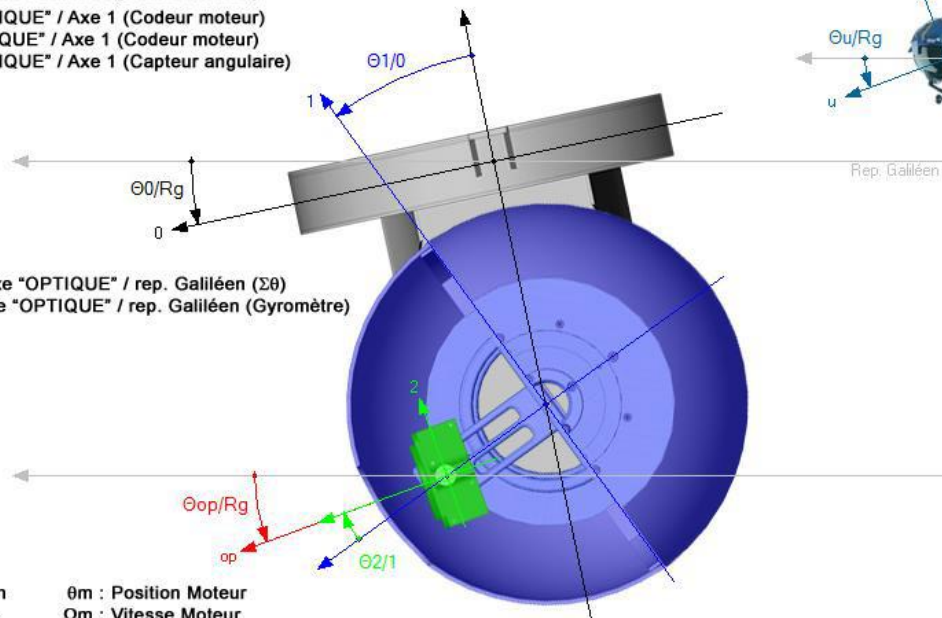
**Optique (Visée) :**

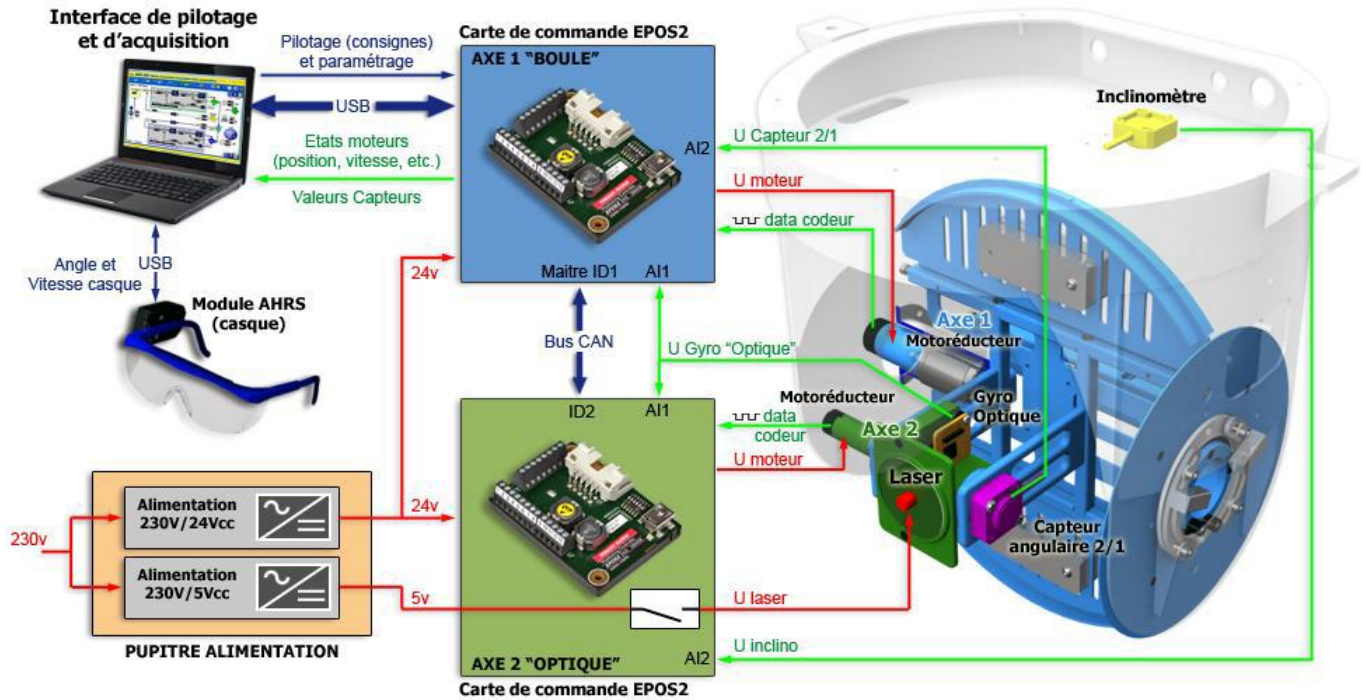
$\theta op/Rg$  ( $\theta 2/Rg$ ) : Position Axe "OPTIQUE" / rep. Galiléen ( $\Sigma \theta$ )  
 $\Omega op/Rg$  ( $\Omega 2/Rg$ ) : Vitesse Axe "OPTIQUE" / rep. Galiléen (Gyromètre)

**Carte de commande :**

$\theta c$  : Consigne de Position       $\theta m$  : Position Moteur  
 $\Omega c$  : Consigne de Vitesse       $\Omega m$  : Vitesse Moteur  
 $Ic$  : Consigne de Courant       $I m$  : Courant Moteur

$\Omega c AI1$  : Consigne de Vitesse Entrée ana. AI1  
 $\Omega c AI2$  : Consigne de Vitesse Entrée ana. AI2





## Lunettes avec module AHRS

Les lunettes proposées avec le BGR-300 sont équipées d'un Module AHRS ("Attitude and Heading Reference System") : c'est une centrale d'attitude et de navigation. Ce module AHRS est équipé de 3 accéléromètres, de 3 gyromètres, de 3 magnétomètres et d'un DSP cadencé à 32 Mhz. Il est fixé sur les lunettes du BGR-300 et permet via une liaison USB de mesurer les mouvements de la tête (attitude du pilote) par rapport au référentiel inertiel (repère Galiléen).

## Inclinomètre QG30 (Situé sous la boule)

Ce capteur permet de mesurer l'angle d'inclinaison du BGR-300 par rapport au repère Galiléen. Il est fixé à l'arrière du BGR, sur son embase. Principales caractéristiques :

- ☐ Tension d'alimentation : 10 à 30Vdc
- ☐ Tension de sortie : 0,5-4,5 V.
- ☐ Intervalle de mesure  $\pm 90^\circ$  à  $0,03^\circ$  près.
- ☐  $V_{out} = 2,5 + 2 \sin \alpha$



## Capteur angulaire de position relative QR30

- ☐ Codage de 0 à 360° de 0 à 5V :  $V_{out} = \alpha \cdot \frac{5}{360}$

## Motorisation axe 1 « Boule »

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Rapport de réduction : 92,70  | <input type="checkbox"/> Couple nom. : 0,94 Nm           |
| <input type="checkbox"/> Rendement : 0,70              | <input type="checkbox"/> Courant nom. : 1,2 A            |
| <input type="checkbox"/> Vitesse à vide : 188 tr/mn    | <input type="checkbox"/> Tension nom. : 24V              |
| <input type="checkbox"/> Vitesse en charge : 167 tr/mn | <input type="checkbox"/> Codeur : 3 voies à 512 tops/tr. |



maxon motor 0.068 Nm - 5 Nm

Version	Rapport de réduction	Nombre d'étages	Rendement	Vitesse à vide en tr/mn	Vitesse en charge en tr/mn	Couple nominal en Nm	Courant nominal en A
12V/0004	3.70	1	0.80	1838	1555	0.07	1.5
12V/0020	19.20	2	0.75	354	300	0.33	1.5
12V/0035	34.97	2	0.75	194	165	0.61	1.5
12V/0051	50.89	3	0.70	134	113	0.82	1.5
12V/0093	92.70	3	0.70	79	82	1.50	1.5
12V/0169	168.84	3	0.70	40	34	2.70	1.5
12V/0292	291.71	4	0.65	23	20	4.40	1.5
12V/0398	397.29	4	0.65	17	15	4.50	1.1

24V/0004	3.70	1	0.80	2581	2295	0.08	1.2
24V/0020	19.20	2	0.75	497	442	0.38	1.2
24V/0035	34.97	2	0.75	273	243	0.69	1.2
24V/0051	50.89	3	0.70	188	167	0.94	1.2
24V/0093	92.70	3	0.70	103	92	1.70	1.2
24V/0169	168.84	3	0.70	57	50	3.10	1.2
24V/0292	291.71	4	0.65	33	29	4.50	1.0
24V/0398	397.29	4	0.65	24	22	4.50	0.78

☒ Stock program  
☐ Standard program  
☐ Special program (on request)

Part Numbers

302534 339149 339150 339151 339152 339153 339154 339155 339156 339157 339158

Motor Data

Values at nominal voltage		V	7.2	9	12	18	24	30	36	46	48	46	48
1	Nominal voltage	V	7.2	9	12	18	24	30	36	46	48	46	48
2	No load speed	rpm	10500	9710	9520	10400	10900	9210	10100	9540	8450	6720	4650
3	No load current	mA	133	93.2	68.1	50.6	40.2	25	23.7	16.4	13.7	9.89	6
4	Nominal speed	rpm	8970	8260	8310	9190	9590	8010	8960	8360	7270	5530	3430
5	Nominal torque (max. continuous torque)	mNm	21.9	24.4	27.5	29.1	30.4	31.4	30.7	31.7	32.3	32.9	32.8
6	Nominal current (max. continuous current)	A	3.68	2.97	2.45	1.85	1.5	1.04	0.931	0.68	0.614	0.495	0.341
7	Stall torque	mNm	259	238	268	297	325	265	279	270	243	192	127
8	Stall current	A	42.1	28.1	23.2	18.4	15.6	8.61	8.24	5.67	4.51	2.84	1.3
9	Max. efficiency	%	79	81	84	86	88	88	88	89	89	88	86
Characteristics													
10	Terminal resistance	Ω	0.171	0.32	0.517	0.98	1.53	3.49	4.37	8.47	10.6	16.9	36.8
11	Terminal inductance	mH	0.0163	0.0308	0.0573	0.112	0.196	0.407	0.493	0.979	1.25	1.97	4.11
12	Torque constant	mNm/A	6.15	8.46	11.5	16.1	20.8	30.8	33.8	47.7	53.8	67.7	97.6
13	Speed constant	rpm/V	1550	1130	828	591	460	311	282	200	177	141	97.8
14	Speed / torque gradient	rpm/mNm	43.2	42.8	37.1	35.9	34	35.2	36.5	35.6	35.1	35.2	36.9
15	Mechanical time constant	ms	6.52	6.06	5.62	5.36	5.24	5.17	5.16	5.13	5.12	5.12	5.14
16	Rotor inertia	gcm <sup>2</sup>	14.4	13.5	14.5	14.3	14.7	14	13.5	13.8	13.9	13.9	13.3

Specifications

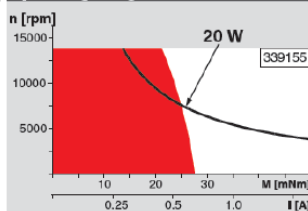
Thermal data		
17	Thermal resistance housing-ambient	14.4 K/W
18	Thermal resistance winding-housing	5.1 K/W
19	Thermal time constant winding	27.7 s
20	Thermal time constant motor	543 s
21	Ambient temperature	-30...+100°C
22	Max. winding temperature	+155°C
Mechanical data (ball bearings)		
23	Max. speed	14000 rpm
24	Axial play	0.05 - 0.15 mm
25	Radial play	0.025 mm
26	Max. axial load (dynamic)	3.2 N
27	Max. force for press fits (static) (static, shaft supported)	60 N
28	Max. radial load, 5 mm from flange	1000 N

Other specifications

29	Number of pole pairs	1
30	Number of commutator segments	11
31	Weight of motor	115 g

Values listed in the table are nominal.  
Explanation of the figures on page 79.

Operating Range



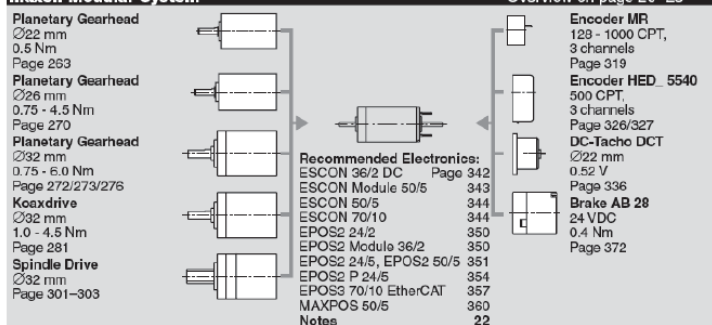
Comments

☒ **Continuous operation**  
 In observation of above listed thermal resistance (lines 17 and 18) the maximum permissible winding temperature will be reached during continuous operation at 25°C ambient.  
 = Thermal limit.

☐ **Short term operation**  
 The motor may be briefly overloaded (recurring).

☒ **Assigned power rating**

maxon Modular System



108 maxon DC motor

June 2014 edition / subject to change

## Motorisation axe 2 « Optique »

### Réducteur :

- Rapport de réduction : 26:1
- Couple nom. : 0,2 Nm
- Rendement : 0,8

### Moteur :

- Vitesse à vide : 6260 tr/mn

- Vitesse en charge : 3320 tr/mn
- Couple nom. : 5,19 mNm
- Courant nom. : 0,299 A
- Rendement : 0,754
- Tension nom. : 12V

Codeur : 3 voies à 256 tops/tr.

#### Values at nominal voltage

Nominal voltage	12 V
No load speed	6260 rpm
No load current	11 mA
Nominal speed	3320 rpm
Nominal torque (max. continuous torque)	5.19 mNm
Nominal current (max. continuous current)	0.299 A
Stall torque	11.2 mNm
Stall current	0.624 A
Max. efficiency	75.4 %

#### Characteristics

Max. output power	4.35 W
Terminal resistance	19.2 Ohm
Terminal inductance	0.581 mH
Torque constant	18 mNm/A
Speed constant	531 rpm/V
Speed/torque gradient	568 rpm/mNm
Mechanical time constant	6.11 ms
Rotor inertia	1.03 gcm <sup>2</sup>

#### Thermal data

Thermal resistance housing-ambient	23.5 K/W
Thermal resistance winding-housing	9.9 K/W
Thermal time constant of the winding	9.32 s
Thermal time constant of the motor	227 s
Ambient temperature	-30..85 °C
Max. winding temperature	100 °C

#### Mechanical data

Max. permissible speed	8680 rpm
Min. axial play	0 mm
Max. axial play	0.2 mm
Radial backlash	0.015 mm
Max. axial load (dynamic)	0.1 N
Max. force for press fits (static)	60 N
Max. radial load	2 N

#### Further specifications

Number of pole pairs	1
Number of commutator segments	7
Weight	28 g
Number of autoclave cycles	0
Typical noise level	40 dBA

Gearhead data	
Reduction	26:1
Absolute reduction	4950/190
Max. transmittable power (continuous)	3.1 W
Max. transmittable power (intermittent)	3.9 W
Number of stages	2
Max. continuous torque	0.2 Nm
Max. intermittent torque	0.23 Nm
Direction of rotation, drive to output	=
Max. efficiency	80 %
Weight	25 g
Average backlash no-load	1.6 degree
Mass inertia	0.108 gcm <sup>2</sup>
Gearhead length	20.7 mm

Technical data	
Output shaft bearing	KL
Gearhead type	GPX
mm from flange	5 mm
Min. axial play	0 mm
Max. axial play	0.1 mm
Max. permissible radial load	60 N
mm from flange	5 mm
Max. axial load (dynamic)	12 N
Max. force for press fits	60 N
Recommended motor speed	14000 rpm
Max. intermittent input speed	17500 rpm
Min. recommended temperature range	-40..100 °C
Number of autoclave cycles	0

Type	
Counts per turn	256
Number of channels	3
Line Driver	RS422
Max. outer diameter	15.8 mm
Max. housing length	8.5 mm
Max. electrical speed	120000 rpm
Max. speed	30000 rpm

Technical data	
Supply voltage	4.5..5.5 V
Output signal driver	Differential, EIA RS 422
Current per cable	-20...20 mA
Min. state length	30 °el
Max. state length	175 °el
Signal rise time/Signal fall time	20/20 ns
Min. state duration	500 ns
Direction of rotation	A for B, CW
Index position	A low & B low
Index synchronously to AB	yes
Index pulse width	90 °e
Typical current draw at standstill	17 mA
Max. moment of inertia of code wheel	0.05 gcm <sup>2</sup>
Weight (Standard cable length)	6.4 g
Operating temperature range	-40..100 °C
Number of autoclave cycles	0

## Gyromètre NavG-01 (Sur l'axe optique)

### Présentation

Le gyromètre NavG-01 est un gyromètre MEMS numérique associé à un DSP capable de mesurer une vitesse angulaire et d'y appliquer un double filtrage numérique d'ordre 4 (max).

Ce gyromètre a été développé spécifiquement par la société NAVEOL pour le BGR-300. Il permet de mettre en œuvre 2 filtres numériques en cascade pour limiter ou supprimer les modes oscillants sur les 2 axes.

### Description

Un régulateur 3,3 V permet d'alimenter le système à partir d'une tension de 5V. Le gyromètre est une puce LSM6DS3 (gyromètre + accéléromètre 3 axes de ST Micro), un seul axe gyrométrique est utilisé. Dans le cadre du BGR-300 2 filtres numériques du second ordre sont programmés pour limiter ou supprimer les composantes fréquentielles suivantes :

- ☐ pulsation de 8Hz sur l'axe boule ;
- ☐ pulsation de 25 Hz sur l'axe optique.

### Caractéristiques

La résolution de l'acquisition du capteur et des calculs est de 16 bits. La sortie du gyromètre est une tension analogique par conversion D/A 1 bit rapide.

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Gyromètre LSM6DS3 de chez ST Micro.  | <input type="checkbox"/> Sortie analogique centrée sur 1.65V (0V à 3.3V). |
| <input type="checkbox"/> Processeur Microchip cadencé à 140Mhz (70Mips).                            | <input type="checkbox"/> Bande passante 200Hz.                            |
| <input type="checkbox"/> Range de mesure : jusqu'à 2000°/s.   | <input type="checkbox"/> Alimentation 5V.                                 |
| <input type="checkbox"/> Coefficients des filtres paramétrables (connexion directe par câble FTDI). | <input type="checkbox"/> Consommation 50mA.                               |
|   | <input type="checkbox"/> Dimensions : 28mm*28mm.                          |