



Un système de laboratoire réel et instrumenté



**Système EUROFLIR™
Vision en réalité augmentée**

Ce dispositif, dit à "réalité augmentée" consiste à projeter sur la visière du casque d'un pilote d'avion ou d'hélicoptère une image délivrée par une **boule optronique gyrostabilisée** fixée sous l'aéronef.

Cet ensemble permet aux optiques de conserver une même ligne de visée par rapport au référentiel terrestre, quels que soient les mouvements de l'hélicoptère (porteur).

L'angle de visée des optiques étant commandé par le casque du pilote, l'image numérique se superpose alors parfaitement à la propre vision du pilote.

CARACTERISTIQUES

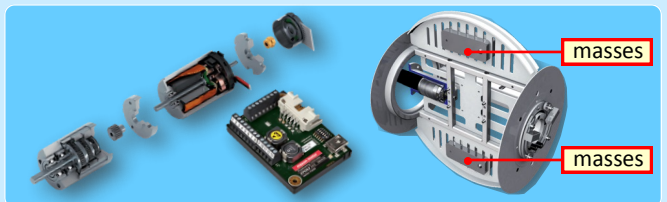
- 1. Carte de commande Axe 1 « Boule »
- 2. Motoréducteur Axe 1 « Boule »
- 3. Motoréducteur Axe 2 « optique »
- 4. Ensemble optique avec Laser
- 5. Capteur de position relative 2/1
- 6. Masses additionnelles plateau
- 7. Inclinomètre analogique
- 8. Gyromètre
- 9. Butées réglables Axe 1 « Boule »
- 10. Plateau Axe 1



Axe 1 « Boule » (Primaire)

Ensemble Nacelle en rotation avec un plateau de réception des composants et masses d'équilibrage additionnelles pour jouer sur l'inertie.

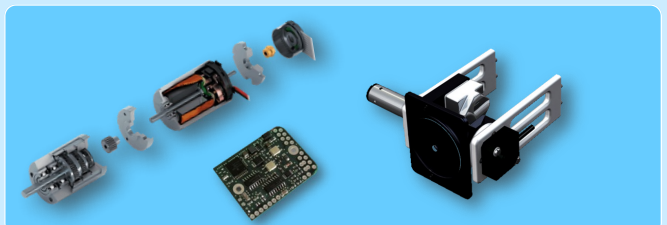
- Moteur DC 20W + réducteur 90:1 + codeur
- Carte de commande numérique EPOS2 (MAXON)



Axe 2 « Optique » (Secondaire)

Ensemble optique en rotation avec optique factice, gyromètre, pointeur laser et masse pour équilibrer l'ensemble.

- Moteur DC 4,35W + réducteur 26:1 + codeur, Carte numérique EPOS2
- Gyromètre numérique avec filtres programmables, plage 254°/s: Vitesse angulaire filtrée et corrigée en biais et en facteur d'échelle.
- Capteur relatif de position angulaire (Axe 2/1) à effet Hall sans contact.

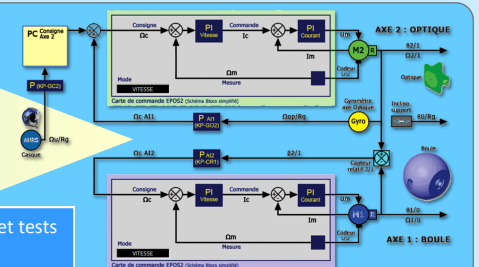


Du Système réel

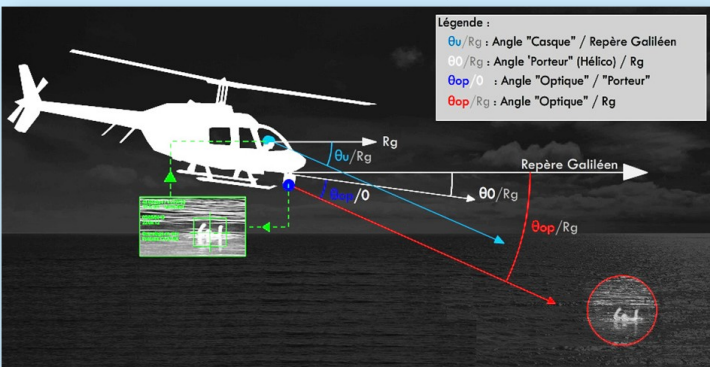


Au système de laboratoire instrumenté

- Modélisation, paramétrage et tests
- Mesure des écarts



Un thème novateur,
Une problématique originale,



Le système réel :

Euroflir 350 est une boule performante et compacte. Elle fournit une image thermique et une image vidéo couleur Haute Définition. Dans sa version de base, elle est équipée de quatre capteurs : une caméra thermique et une caméra TV HD équipées d'un zoom optique continu, un télémètre laser et un pointeur laser.

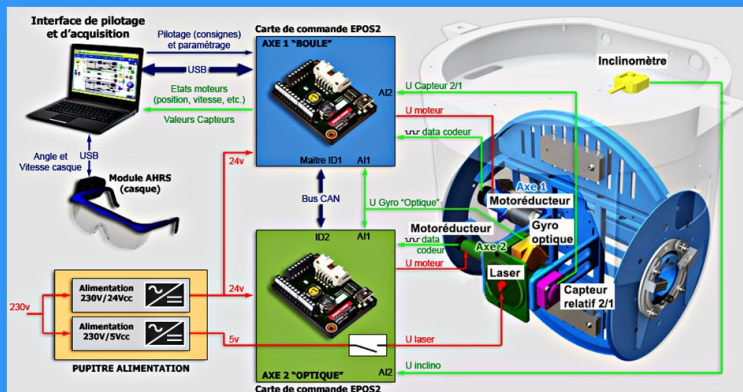
Euroflir 350 permet d'effectuer du suivi de cible mobile, de désigner au pilote une zone d'intérêt, de générer un balayage automatique de paysage, pour les missions de recherche et de sauvetage, ou de fournir la géo-localisation des cibles visées.

La boule **Euroflir 350** équipe notamment des drones tactiques les hélicoptères AS532 Cougar de l'ALAT et EC725 Caracal des forces françaises et plusieurs modèles d'avions de surveillance.

Architecture système

GYROSTABILISATION double-étage :

- Axe 1 "Boule" asservi en vitesse et suiveur du capteur de position 2/1;
- Axe 2 "Optique" asservi en vitesse et suiveur du Gyromètre axe Optique.
- La paire de lunettes avec capteur AHRS : Capteur de mesure de la position et de la vitesse angulaire de



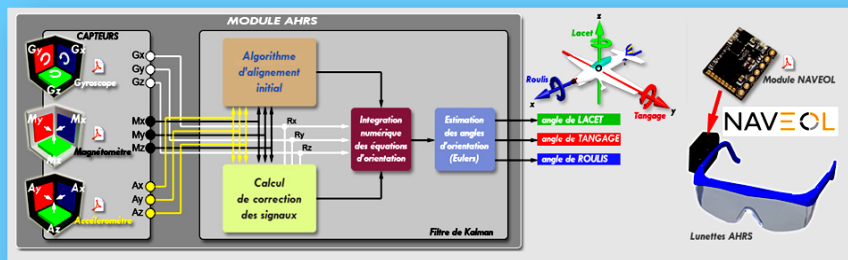
Le module AHRS : Attitude Heading Reference System

AHRS se traduit en français par Système d'Attitude et de Cap. Il s'agit d'un système conçu pour obtenir l'orientation en 3D d'un objet, utilisant des gyroscopes et des capteurs de référence comme les accéléromètres et/ou magnétomètres.

Ces capteurs permettent de mesurer respectivement les vitesses angulaires et les accélérations selon 3 axes (x, y, z).

Dans le cas d'un AHRS, les avantages de chaque capteur sont associés ("fusion" des capteurs) pour obtenir une plus grande précision dans la mesure.

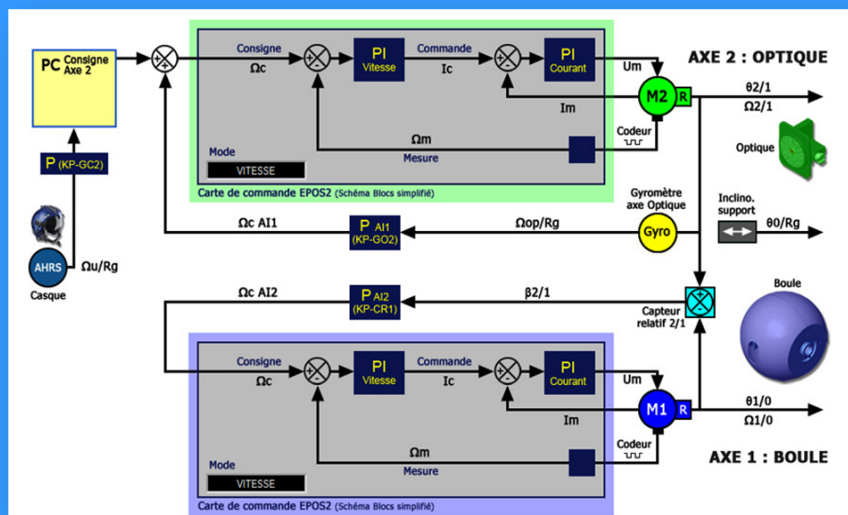
Le gyroscope est très précis sur une courte période mais très peu sur une longue période, c'est ce qu'on appelle le biais gyroscopique, c'est-à-dire l'erreur ou plutôt la valeur obtenue alors que le système est dans un état initial donc immobile (mauvaise calibration ou variations de température et de pression...).



Les capteurs de références (Accéléromètre et Magnétomètres) sont quand à eux très stables dans le temps mais beaucoup moins précis dans la mesure.

L'AHRS permet donc d'intégrer les informations et les erreurs des différents capteurs pour en extraire les angles d'Euler à l'aide de matrices de quaternions.

Ces valeurs d'angle sont ensuite traitées à l'aide d'un **filtre de KALMAN** pour compenser les accélérations passagères, les perturbations et les vibrations magnétiques.



Synoptique des fonctions

Fonctions :

- Gyrostabilisation double-étage
- Gyrostabilisation double-étage avec commande casque
- Gyrostabilisation Axe 1 «BOULE»
- Gyrostabilisation Axe 1 «BOULE» avec commande casque
- Commande casque Axe 1 «Boule» sans gyrostabilisation
- Commande casque Axe 2 «Optique» sans gyrostabilisation
- Commande casque double-étage sans gyrostabilisation

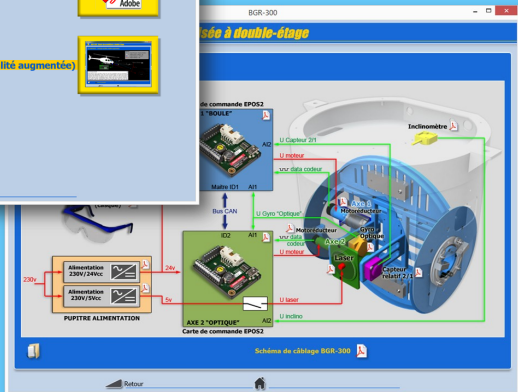
L'ENVIRONNEMENT NUMERQUE DE TRAVAIL:

Le Logiciel EMP (Environnement Multimédia Pédagogique)



Menus du logiciel :

Vidéo de contextualisation EUROFLIR 350



Fourni en version Multi-postes

Ressources multimédia:

- Illustrations et vidéos de contextualisation (Euroflir™)
- Description fonctionnelle animée
- Accès interactif aux constituants (description, documentation)
- Principe et Architecture du système
- Synoptiques des fonctions (gyrostabilisation simple et double-étage)

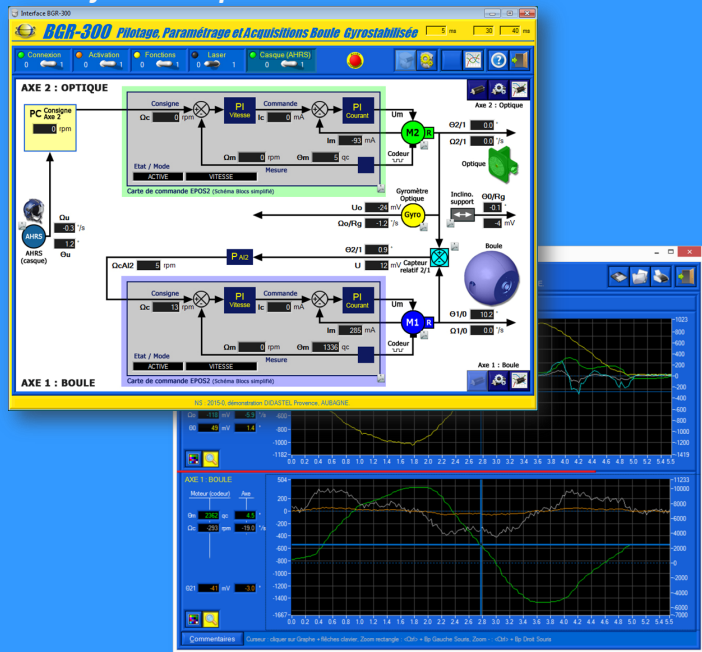
Aides multimédia, diaporamas et démarche pas à pas :

- Installation et mise en oeuvre, manipulations
- Utilisation (connexions, gyrostabilisation, commande casque...)
- Dépose carters pour exploration visuelle

Documents ressources :

- Dossier plans du système BGR-300
- Schémas électriques
- Documentations constructeurs des constituants
- Assemblage 3D Solidworks et modélisation SysML

L'interface d'acquisitions



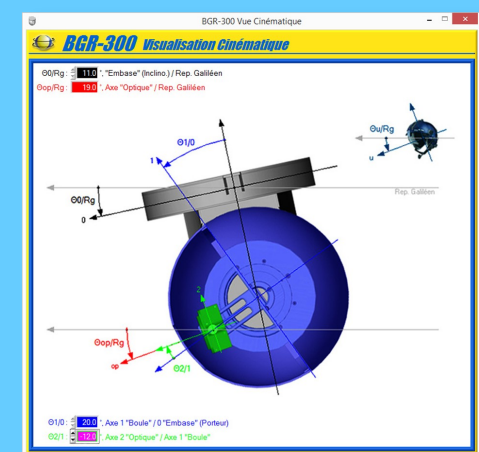
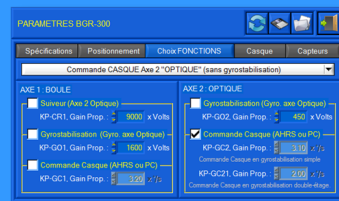
Pilotage, paramétrage et acquisitions :

- Choix des fonctions de gyrostabilisation (double-étage ou simple étage, avec / sans commande casque, etc...)
- Visualisation des boucles de régulation et grandeurs physiques sur synoptiques en temps réel
- Pilotage sans gyrostabilisation: Asservissement en Courant, Vitesse, Position, et Profil de position (trapèze)
- Réglages des paramètres d'asservissement (PI Courant, PI Vitesse, et PID Position)
- Réglages des filtres capteurs (Gyromètre, module AHRS)
- Acquisitions des réponses des axes aux sollicitations classiques

Réponse d'un axe à une sollicitation



Paramétrage de la fonction, du module AHRS, des filtres capteurs...



La Vue cinématique :

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

Carte de commande:

- θc : Consigne de Position
- Ωc : Consigne de Vitesse
- Ic : Consigne de Courant
- θm : Position Moteur
- Ωm : Vitesse Moteur
- $I m$: Courant Moteur



Casque (Utilisateur)

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

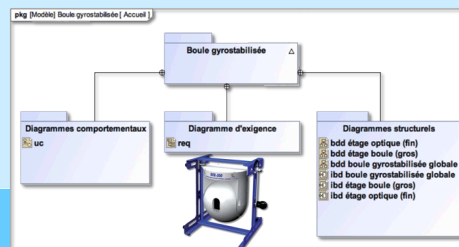
TRAVAUX PRATIQUES :

PREMIERE et DEUXIEME ANNEE

* Activités spécifiques à la filière PTSI - PT en rouge

Analyser

- Vérifier la satisfaction des exigences de suivi de la ligne de visée du pilote ;
- Identifier l'architecture (chaînes d'information et d'énergie) de l'asservissement en vitesse (ou position) de l'axe optique et de l'asservissement en position (ou vitesse) de l'axe boule ;
- Identifier l'architecture du BGR dans le cas :
 - ➔ Du suivi de la ligne de visée seul ;
 - ➔ De la réjection des perturbations seule ;
 - ➔ Du suivi de la ligne de visée en présence de perturbations.



Modéliser

- Associer et valider des modèles de chaque constituant des chaînes d'énergie (hacheur, moteur à courant continu, réducteur) ;
- Associer et valider des modèles de comportement des capteurs utilisés (gyromètre, codeur incrémental, centrale inertielle, capteur potentiométrique sans contact) ;
- Modéliser la boucle en courant interne des moteurs ;
- Modéliser l'architecture d'asservissement en mode simple étage ;
- Modéliser l'architecture d'asservissement en mode double étages ;
- Modéliser la cinématique du BGR et son influence sur la ligne de visée ;
- Modéliser l'influence des masselottes d'équilibrage sur les performances de l'axe boule.

Résoudre

- Simuler le comportement des axes du BGR, avec et sans correction, à l'aide d'outils numériques

Expérimenter

- Identifier le comportement du gyromètre ;
- Identifier des fonctions de transfert (boucle de courant moteurs) ;
- Identifier les valeurs de certaines caractéristiques (inerties) ;
- Tester, mesurer les performances de l'axe boule en boucle ouverte et fermée (asservis. en vitesse) en mode simple étage ;
- Tester et mesurer les performances des axes optique et boule en boucle ouverte et en boucle fermée (asservissements en vitesse et/ou position) en mode double étages ;
- Mesurer l'influence de la perturbation (actions sur la poignée manuelle) sur les performances ;
- Mesurer les performances du suivi de la ligne de visée avec les lunettes ;
- Associer un modèle de comportement aux modes de vibration de la structure sans filtrage particulier ;
- Comparer les mesures accessibles (vitesses, positions, intensités, tensions) aux courbes simulées.

Concevoir

- Valider, régler et implanter les correcteurs des boucles de courant ;
- Valider, régler et implanter les correcteurs des axes asservis en vitesse ou en position ;
- Valider, régler et implanter le filtre réjecteur associé au gyromètre (jeu des réducteurs) ;
- Concevoir les liaisons encastrement démontable motoréducteur axe boule/châssis et motoréducteur axe optique/axe boule* ;
- Concevoir les liaisons pivot axe boule/châssis et axe optique/axe boule*.

Réaliser

- Analyser la relation produit-procédé-matériau pour* :
 - ➔ les pièces métalliques usinées ;
 - ➔ les coques plastiques thermoformées ;
 - ➔ les pièces mécano-soudées.

Communiquer

- Exploiter des documents techniques dans une démarche de modélisation et de validation expérimentale ;
- Décrire les chaînes fonctionnelles selon les formalismes de communication au programme