



Un système de laboratoire
réel et instrumenté

La Nacelle GIMBLESS:

Une nacelle à main **BRUSHLESS** 3 axes

GIMBLESS est une nacelle 3 axes brushless offrant une liberté de mouvements totale et une stabilité impossible à atteindre avec un steadyCam traditionnel.

NAVEOL et son module NAV-STAB :

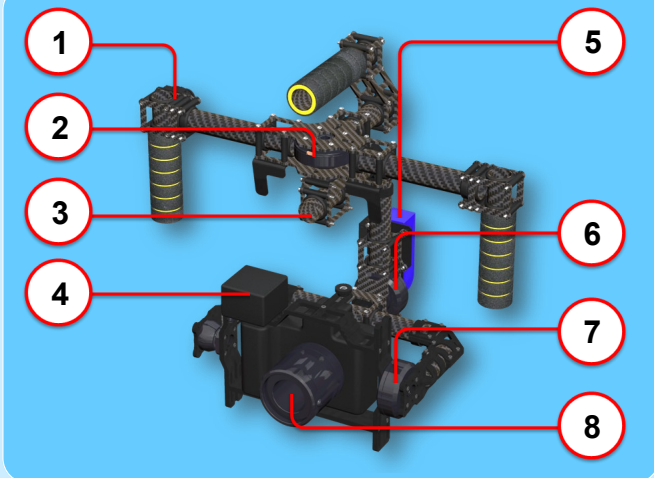
NAVEOL a développé le module électronique NAV-STAB dédié à la stabilisation de caméras ou d'antennes embarqués sur des aéronefs.

NAV-STAB est exploité par Canal+ pour filmer les matchs de foot de ligue 1 (et sera utilisé probablement pour l'Euro2016). Il est monté sur un ballon captif gonflé à l'hélium à 150m au-dessus du Parc-des-Prince à Paris et du Stade Vélodrome à Marseille, permettant une magnifique prise de vue pour le direct.

Ce système est mis en oeuvre par la société **CAMBULLE**.

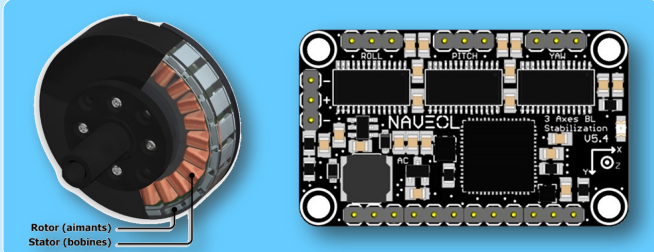
CARACTERISTIQUES

- Joystick:
 - Pilotage des axes Lacet et Tangage
 - Choix des modes de pilotage
- Moteur Brushless 22 pôles « Axe Lacet »
- Structure carbone/aluminium ultralégère
- Module NAVEOL
 - Carte de commande moteurs « NavStab »
 - Capteur d'attitude et de cap « AHRS »
 - Module de communication Bluetooth
- Batterie LiFePo4 9,9V 2100 mAh
- Moteur Brushless 22 pôles « Axe Roulis »
- Moteur Brushless 22 pôles « Axe Tangage »
- Appareil Reflex factice
 - Masse réelle et déport de l'objectif réglable

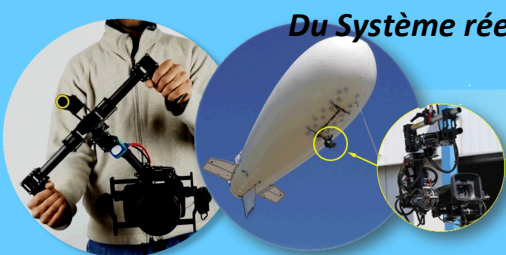


La carte NavStab

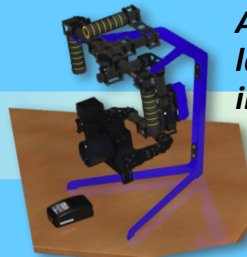
- Triple contrôleur brushless (9 sorties indépendantes, groupées 3 par 3)
- Microcontrôleur performant (70Mips) à sorties PWM hardware indépendantes
- 3 gyromètres et 3 accéléromètres** (circuit LSM6DS3). échantillons à 1600 Hz
- 3 magnétomètres LIS3MDL** (échantillons à 1000Hz) de chez ST Micro
- Courant jusqu'à **1.5A par moteur**, - Hachage à 40khz
- Fréquence de la boucle de pilotage (asservissement) 800 Hz.



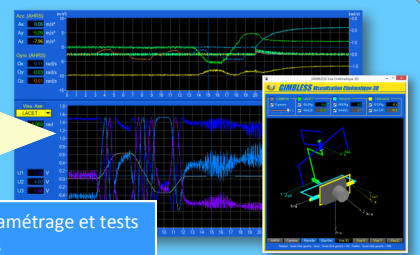
Du Système réel



Au système de laboratoire instrumenté



- Modélisation, paramétrage et tests
- Mesure des écarts



Architecture système

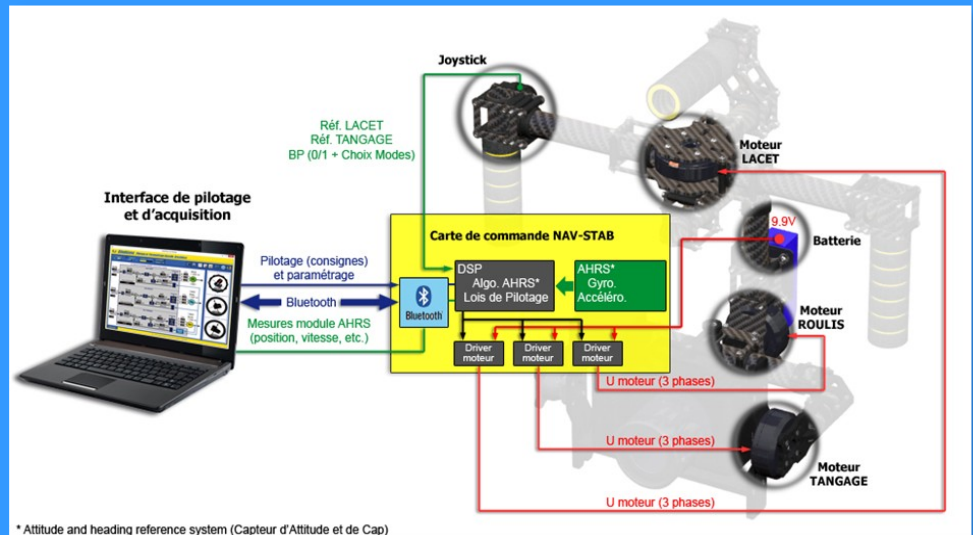
Les capteurs ultra rapides apportent une précision de stabilisation très importante, sont connectés en liaison haut débit avec le processeur qui les traite de manière optimale avant d'attaquer directement l'étage de puissance.

Le circuit mesure directement les 9 axes des capteurs inertiels (gyromètres, accéléromètres et magnétomètres).

Un algorithme «AHRS» calcule le quaternion d'attitude ainsi que les angles d'Euler (Phi, Theta, Psi).

Les lois de pilotage du logiciel embarqué calculent, les commandes à envoyer aux moteurs sous la forme d'un courant haché à 40kHz et selon une projection de Park à 3 phases (moteurs brushless triphasés).

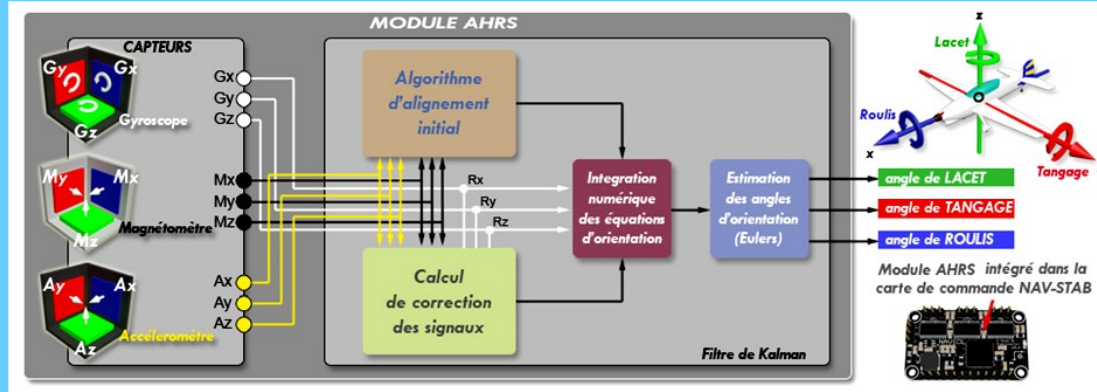
La carte de commande « NavStab » est un contrôleur de 3 moteurs brushless indépendants permettant la stabilisation d'un système de caméra, d'antenne ou autre dispositif.



* Attitude and heading reference system (Capteur d'Attitude et de Cap)

Le module « AHRS » :

Attitude Heading Reference System

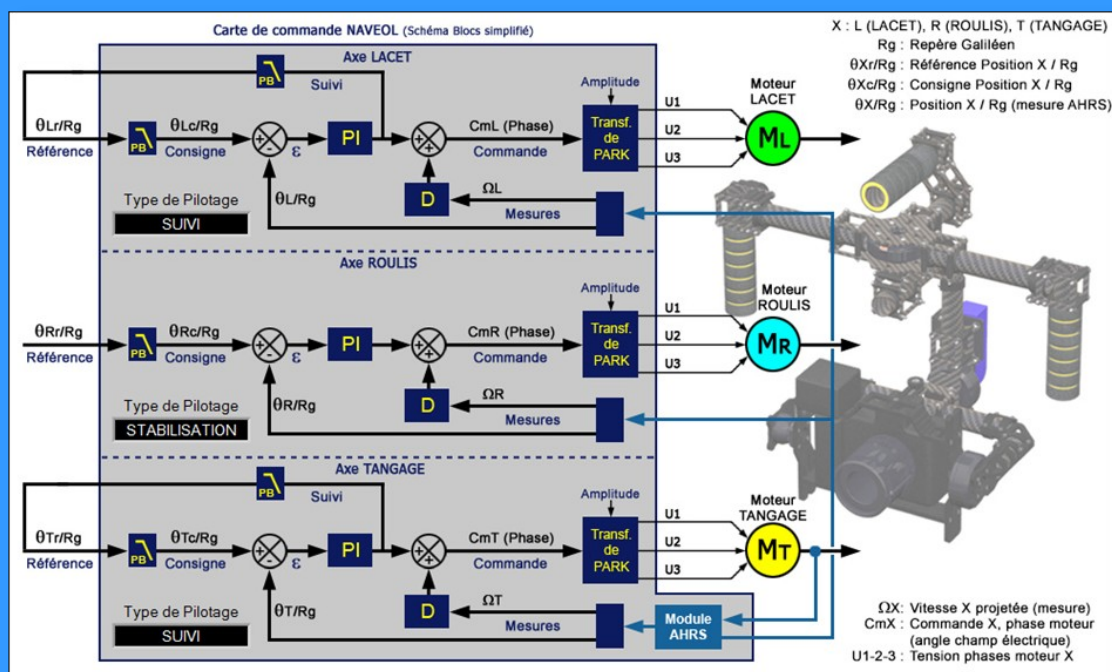


L'Algorithme « AHRS » :

L'algorithme «AHRS» implémenté est la propriété de NAVEOL.

De manière générale, on calcule l'orientation du circuit à partir des senseurs inertiels bruts. Ceux-ci sont, grâce à l'algorithme, corrigés en biais et facteur d'échelle. L'algorithme utilise des mathématiques avancées (algèbre des quaternions), de la trigonométrie en espace 3D, des filtres de fusion de données et des astuces de calcul pour tourner à 800Hz sur un microcontrôleur standard.

Synoptique des fonctions

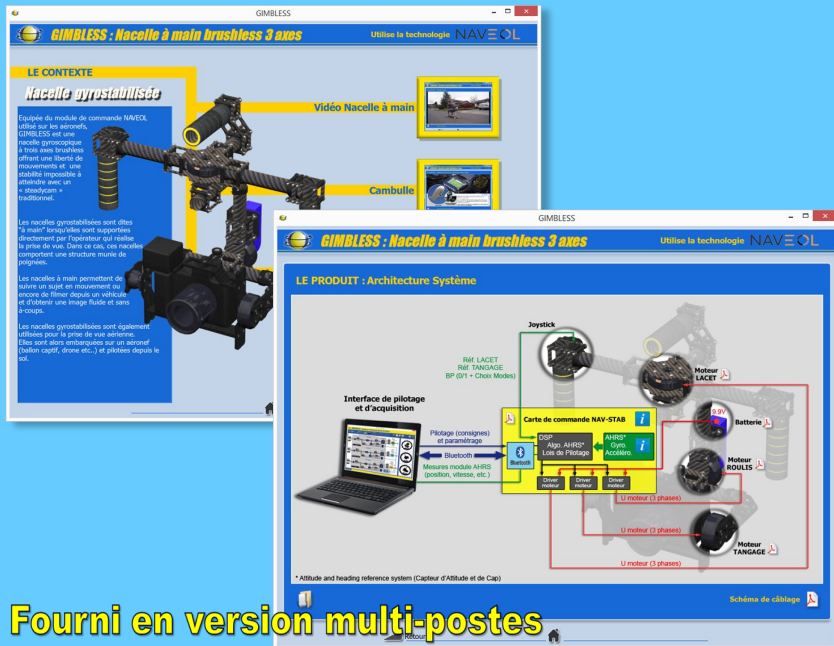


3 modes de pilotage pour chacun des axes:

- **Stabilisation :**
Orientation de la caméra par rapport au référentiel terrestre.
- **Stabilisation avec suivi :**
Orientation de la caméra par rapport à la position des poignées (suivi de l'orientation de l'opérateur).
- **Bloqué :**
Axe moteur fixe, commande en tension constante (Expérimentation axe par axe, FTBO).

L'ENVIRONNEMENT NUMERIQUE DE TRAVAIL:

Le Logiciel EMP (Environnement Multimédia Pédagogique)

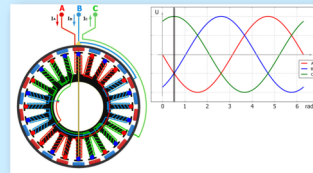


Fourni en version multi-postes

Menus du logiciel :

Ressources multimédia:

- Contextualisation du produit par vidéos
- Description du produit et de ses fonctions
- Accès interactif aux constituants et documentations
- Animation 3D du fonctionnement des moteurs
- Ressource concernant l'architecture commande



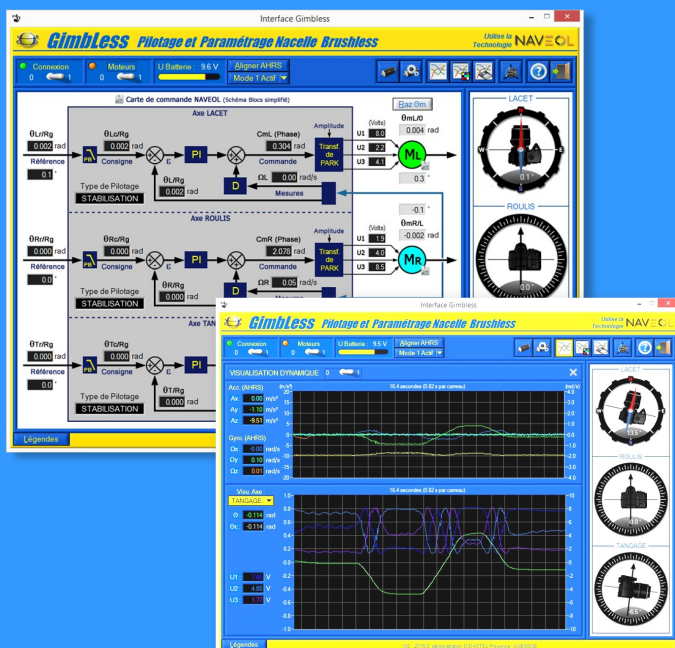
Aides multimédia, diaporamas et démarche pas à pas :

- Mise en œuvre et utilisation du produit
- Connexion à l'interface PC

Documents ressources :

- Fichiers pièces et Assemblage 3D Solidworks
- Documentations constructeurs des constituants (moteurs, carte ...)
- Synoptique des fonctions
- Schémas de câblage

L'interface d'acquisitions (en liaison Bluetooth)

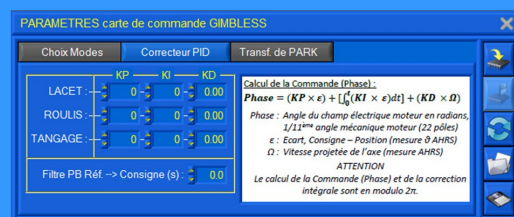


Pilotage, paramétrage et acquisitions :

- Pilotage en position des axes
- Réglage des paramètres d'asservissement (correcteur P.I.D., courant moteur, ...)
- Visualisation sur synoptique et acquisition des grandeurs physiques de l'asservissement pour chaque axe (référence, consigne, mesures AHRS, angles d'Euler, commande et phases moteurs, ...)
- Visualisation cinématique 3D de la nacelle (connectée au réel)
- Visualisation de la visée caméra (module AHRS)

Réglage des paramètres :

- Choix des modes pour les lacet, roulis et tangage : Commande fixe, stabilisation ou suivi.
- Réglage du correcteur PID pour chaque axe
- Réglage de l'amplitude (gain courant) dans la transformée de PARK.



La Vue « AHRS » :

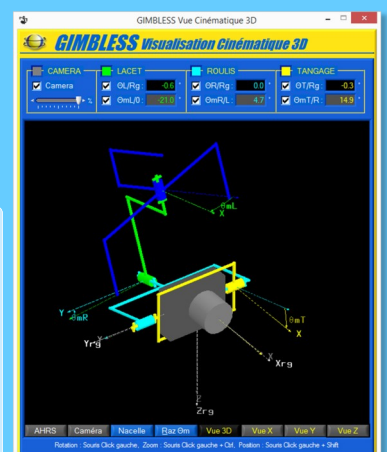
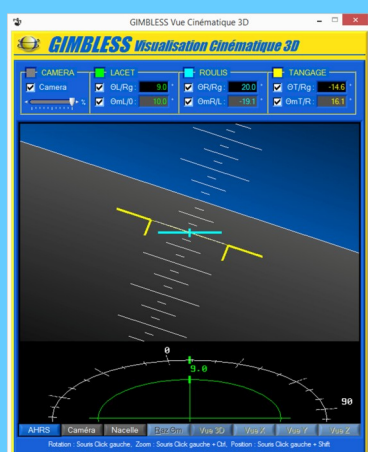
La vue « AHRS » permet de visualiser le point de visée (angle de vue) de la caméra par rapport au référentiel Galiléen mesuré par le module « AHRS ».

La Vue cinématique :

La caméra et la Nacelle (en schéma cinématique) sont représentées dans une vraie fenêtre 3D.

Vue Caméra : vue de la position (angles d'Euler) de la caméra dans le repère Galiléen ;

Vue Nacelle : vue du modèle cinématique de la Nacelle GIMBLESS.



ACTIVITES PRATIQUES :

PREMIERE et DEUXIEME ANNEE

Analyser

- Vérifier les exigences de l'orientation de la caméra quelles que soient les perturbations extérieures (validation à l'aide de la vue 3D « AHRS »);
- Identifier l'architecture (chaînes d'information et d'énergie) de l'asservissement;
- Analyser le fonctionnement et la commande d'un moteur Brushless (moteur asynchrone, transformée de Park, ...).

Modéliser

- Associer et valider des modèles de chaque constituant de la chaîne d'énergie (moteur asynchrone brushless);
- Associer et valider des modèles de comportement du capteur d'attitude et de cap (module «AHRS»);
- Modéliser L'architecture d'asservissement en mode stabilisation ou suivi;
- Modéliser la cinématique de la nacelle et son influence sur l'orientation de la caméra (Angles d'Euler);
- Modéliser l'influence de la charge entraînée (déport objectif ou changement caméra).

Expérimenter

- Mesurer les performances de l'orientation de la Caméra en mode suivi;
- Piloter les axes individuellement et mesurer leur performance;
- Piloter un moteur Brushless en boucle ouverte et mesurer ses performances;
- Identifier le comportement du capteur d'attitude et de cap (module « AHRS ») ;
- Mesurer l'influence de la perturbation (mouvement caméraman) sur les performances ;
- Comparer les mesures accessibles (vitesse, position, tension moteur) aux courbes simulées.

Résoudre

- Simuler le comportement des axes de la GIMBLESS, avec et sans correction, à l'aide d'outils numériques.

Concevoir

- Valider, régler et implanter les correcteurs des axes asservis en position;
- Valider, régler et implanter les filtres passe-bas sur la consigne et en mode suivi.

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.