

# ACHETER

## Un système de stabilisation pour imagerie grand champ

Christophe COUDRAIN  
ONERA/DOTA, Palaiseau, France  
[christophe.coudrain@onera.fr](mailto:christophe.coudrain@onera.fr)

Le développement d'instruments de mesures ou d'observations optroniques nécessite de considérer les conditions d'usages afin d'obtenir une « imagerie » nette et donc exploitable. Cette prise de vue doit donc être isolée et/ou corrigée des perturbations et des mouvements engendrés par le support ou l'objet observé pour obtenir une image non polluée de vibrations. L'annulation des perturbations est réalisée par des solutions de stabilisations de l'axe optique. Les systèmes de stabilisation d'imagerie sont très variés suivant les cas d'usages et les objets observés mais également suivant les imageurs à stabiliser.

Un imageur optique placé dans un environnement d'observation est soumis à différentes contraintes, et aux mouvements associés au porteur ou à l'objet imagé. Ces deux éléments sont des facteurs impactant la définition, le dimensionnement et le choix d'un système de stabilisation pour l'imagerie. À ces deux postes, il faut ajouter la dimension portant sur la prise de vue. La manière et les conditions de la prise d'informations optroniques impactent également la

stabilisation. Toutes ces fonctions et informations concourent à un seul but : le contrôle et le pilotage de la ligne de visée optronique. Ce domaine, quand sa finalité porte sur la suppression des perturbations afin d'être dans un référentiel connu vis-à-vis de la prise de vue, est dénommé « stabilisation » de la ligne de visée. Par opposition au contrôle des axes de visée suivant une direction relative dénommé « orientation ». La différence majeure porte sur la nature des informations en retour.

### Principe de fonctionnement des systèmes de stabilisation

La stabilisation de la ligne de visée d'axes optiques consiste donc à effacer les perturbations subies par le capteur d'imagerie. À titre d'illustration, il suffit de considérer les appareils photo intégrant de la stabilisation d'image. Cette fonction permet à l'utilisateur d'obtenir des images nettes malgré les mouvements de l'appareil photographique. Ces mouvements, correspondant à des vibrations/tremblements, sont mesurés localement par un (ou plusieurs) capteurs. L'analyse de cette information est ensuite traitée et communiquée à des actionneurs permettant la mise en mouvement d'éléments de compensation des défauts. Le système de stabilisation a donc pour but unique de mettre en mouvement des éléments en opposition aux mouvements perturbants en modifiant soit le capteur (de manière électronique) soit l'axe optique (de manière électromécanique), soit l'ensemble des deux. Un système de stabilisation est donc un système

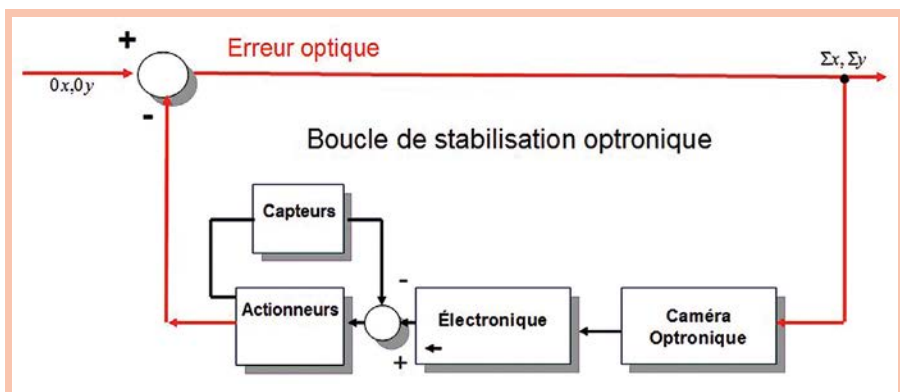


Figure 1. Synoptique d'un système de stabilisation optronique où sont présentées les fonctions « Mesures des mouvements » et « Corrections des mouvements » (actionneurs). Ce synoptique est présenté pour un seul axe de correction (rouge = optique, noir = électronique).

small components  
 MASSIVE IMPACT


### FLEXPOINT® Laser Modules

- Dot, Line & Cross Hair Lasers
- Machine Vision Lasers
- Laser Modules for Industrial Applications



**Figure 2.** Tourelle optronique de poursuite Onera composée d'une tourelle Instro et de 3 imageurs IR.

électromécanique (ou électronique) asservi particulier: la sortie observée est toujours l'erreur de la boucle d'asservissement. La *figure 1* présente un synoptique de ce système optronique asservi.

## Principales technologies de systèmes de stabilisation de caméras

Il existe deux principes majeurs de systèmes de stabilisation d'imagerie basés sur l'utilisation ou pas de l'image optronique pour l'estimation des perturbations. Dans la suite ceux-ci vont être décrits simultanément. Il est important de noter que ces deux méthodes peuvent être cumulées afin d'augmenter la précision de stabilisation.

### Stabilisation sur images – pointage/poursuite

Pour le cas où l'image acquise permet la détermination du mouvement relatif, la fonction globale de stabilisation porte le nom de «pointage» (ou «poursuite») de la ligne de visée. La ligne de visée du système optronique est verrouillée sur l'axe qui lie l'objet à la caméra d'imagerie indépendamment du mouvement de la cible et du porteur (véhicule, avion, etc.). Le mode de fonctionnement est le suivant: la texture de l'image permet l'identification de points remarquables afin de calculer les déplacements relatifs sur le capteur d'imagerie. Ces mouvements sont calculés dans le repère direct de la caméra optronique et estimés en valeur de pixels (ou fraction

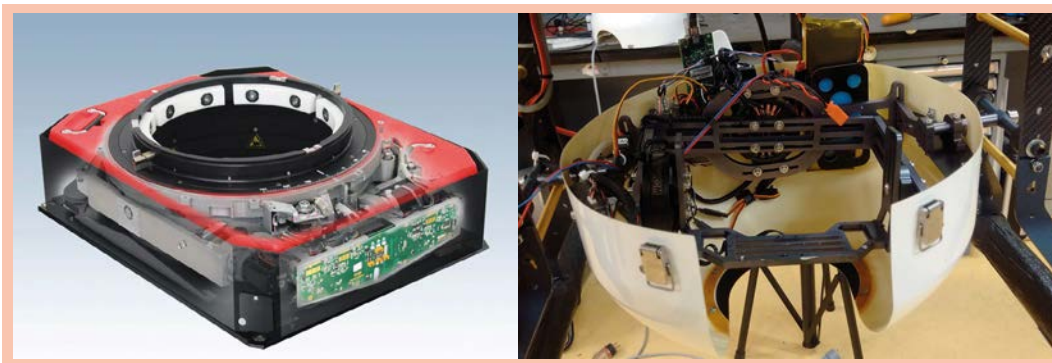
de pixel). L'information de mouvement est ensuite envoyée aux actionneurs avec une valeur identique et opposée sur chacun des axes. La correction de la ligne de visée se fait par l'intermédiaire soit de deux axes motorisés conformes aux plans de détection suivant les dimensions X et Y (ou largeur et hauteur) soit d'un changement du fenêtrage de la prise de vue (le capteur doit donc être physiquement de plus grande dimension que la scène observée). Ce mode de fonctionnement est classiquement utilisé sur les systèmes de poursuite de cible (ou d'objet) comme pour les tourelles de poursuite ou les appareils photographiques. Dans les appareils photo numériques, par exemple, une fonction permet l'identification des visages comme points d'appui afin d'estimer les mouvements de l'utilisateur. Cette estimation de l'erreur basée sur l'image se nomme «écartométrie vidéo».

### Stabilisation optronique - gyrostabilisation

La fonction précédente nécessite l'existence d'une image de «bonne qualité» et/ou contrastée. Cependant, cela n'est pas toujours possible notamment pour les cas où :

- l'image est non texturée ou sans informations remarquables (manque de contraste, temps d'intégration trop faible, fond d'image pénalisant...),
- les mouvements sont importants c'est-à-dire supérieurs à plusieurs pixels voire une proportion importante de l'image,
- il y a nécessité de s'appuyer sur un repère extérieur à l'image elle-même (par exemple repère absolu).

Alors la mesure de mouvements à effacer s'obtient au moyen de capteurs additionnels à l'imageur optronique. Ces informations de nature extérieure à l'imageur (ou tout au moins à l'image elle-même) sont réalisées majoritairement par l'intermédiaire de capteur de type gyroscopique, accélérométrique ou intégré comme les centrales inertielles. Ces solutions de stabilisation portent le nom de stabilisation inertielle ou gyrostabilisation.



**Figure 3.** Systèmes gyrostabilisés pour systèmes optroniques. (a) Platine de stabilisation LEICA Geosystems. (b) Platine de stabilisation pour drone (boule ouverte sous le drone et plateforme d'accueil gyrostabilisée) Onera - Altametriz (SNCF).

Ces capteurs de mouvement doivent être solidaires de l'imageur optronique afin d'estimer les perturbations de celui-ci. Là encore, et suivant un principe similaire, l'information est reconditionnée et envoyée à une motorisation axiale afin de contrecarrer les mouvements du porteur. Cette correction est réalisée suivant deux ou trois axes orthogonaux souvent conformes aux axes de mesures et aux axes du porteur.

La figure 3 présente une solution basée sur un platine de gyrostabilisation disponible dans le cadre de l'imagerie aérienne et une solution de gyrostabilisation pour drone développée par l'Onera.

La gyrostabilisation permet la stabilisation suivant un repère inertiel et donc de bénéficier d'un plan horizontal indépendamment du porteur. Il est alors possible d'y ajouter un second étage permettant l'orientation de la ligne de visée. Les solutions «à étages» sont très courantes dans les systèmes de stabilisation car elles permettent de bénéficier d'une dynamique supérieure de débattement et d'une précision supérieure.

### Principales caractéristiques pour le dimensionnement et l'approvisionnement d'un système de stabilisation de caméras

Un système de stabilisation est principalement une interface permettant l'installation et l'isolation au porteur afin d'obtenir une image nette. Que ce soit par une solution interne (stabilisation sur image) ou externe (mise en mouvement de l'axe optique

et/ou de l'instrument lui-même (gyrostabilisation)), voire un système optronique associant les deux solutions, il est nécessaire de disposer de quelques éléments de dimensionnement et d'environnement.

L'annulation des défauts nécessite de considérer les caractéristiques des différentes composantes du système à stabiliser. Il existe des solutions génériques et industrielles (Leica, Somag...), cependant elles ne couvrent pas tous les besoins et configurations.

Les conditions de prises de vues sont des facteurs dimensionnants. Le temps d'intégration (ou temps de pose) définit les vibrations de l'image et le « temps trame » (ou intervalle inter acquisition) définit la variation de position. Ces amplitudes projetées de la dimension capteur vers la dimension système sont importantes pour définir la qualité de stabilisation.

Le poste à considérer ensuite est le porteur et ses caractéristiques (fréquences et amplitudes). Les mouvements et vibrations d'un être humain sont très différents d'un environnement maritime, aéronautique ou terrestre. Les vibrations axiales peuvent être réduites avec des solutions passives de type amortisseurs (surtout pour les hautes fréquences). Les systèmes de stabilisation apportent une correction en rotation. Une solution où l'acquisition requiert un temps d'intégration non négligeable par rapport au scénario (mouvements et vibrations) sera difficile à trouver sur étagère et donc devra être adaptée.

Après l'aspect fonctionnel, l'aspect physique de la caméra optronique est impactant pour la définition, le

choix ou la réalisation d'un système de stabilisation. La gyrostabilisation nécessite une adaptation des couples moteurs en fonction des besoins de vitesse et accélération mais également de la localisation du centre de gravité de la caméra optronique. Les écarts de ce centre de gravité aux axes moteurs se paient sur les puissances-moteurs mais également directement sur les performances de la stabilisation. Associés à la localisation du centre de gravité, le poids et la matrice d'inertie de la caméra sont des facteurs impactants.



**Figure 4.** Solution de système gyrostabilisé pour optronique multimédia. (Crédit photo : SteadyCam)

## Principales solutions de systèmes de stabilisation

Cela conduit à quatre types d'architectures pour les systèmes de stabilisation optronique.

Il y a les solutions dédiées du commerce, comme chez DJI par exemple, où les plateformes de stabilisation sont dédiées à un modèle de capteur et donc l'approvisionnement porte sur la solution faite pour le capteur sur un porteur défini.

Une seconde option consiste à approvisionner des solutions du commerce versatiles. Le choix est vite limité et souvent dédié à des classes d'applications comme la photographie aérienne ou les systèmes de poursuite. Ce choix se paie en volume et en poids afin d'encadrer au mieux les caméras potentielles et avoir une certaine

« réserve » de puissance. Il est alors nécessaire d'être conforme aux scénarios accessibles. Les limites portent sur les vitesses, accélérations et débattements. Dans ces périmètres, on trouve des platines de stabilisation Leica Geosystem, Somag, des tourelles Instro ou des boules optroniques comme Safran (dans une certaine mesure). Il est intéressant de citer SteadyCam (*figure 4*) qui propose des systèmes de stabilisation dédiés au multimédia, conçus de sorte que l'utilisateur se consacre pleinement et uniquement à la prise de vue.

La troisième option porte sur les solutions optroniques « clés en main ». Le choix des configurations est à considérer dans sa globalité (capteurs compris). Une grande variété de capteurs, dimensions et performances sont accessibles. La raison d'être de ces solutions intégrées

réside dans le fait que la réalisation d'un système de stabilisation doit être établie en parallèle de la définition des composantes optroniques afin de garantir la performance globale et maîtriser chacun des postes internes et externes à la charge utile. Les fournisseurs comme Safran, Inpixal, L3Com, Flir, DJI, Survey-Copter... proposent une grande gamme de produits.

La quatrième option consiste à étudier et réaliser sa propre solution de stabilisation. Cela est le cas pour les plateformes de recherche où la définition du capteur optronique est le challenge. Et le système de stabilisation doit l'installer dans les meilleures conditions au meilleur endroit. Cose, société française, développe ainsi des solutions de stabilisation à façon, tout comme l'Onera dans le cadre de ses besoins spécifiques.

MARQUE	PRODUIT	INFOS	CONTACT
Leica Geosystems	Platine de stabilisation 3 axes permettant l'intégration de capteurs optroniques aéroportés	<a href="http://leica-geosystems.com/products/airborne-systems/">http://leica-geosystems.com/products/airborne-systems/</a>	Geosystems France – Patrice Lemire : 01 30 43 83 00 / 06 74 53 64 57 <a href="mailto:contact@geosystems.fr">contact@geosystems.fr</a>
Somag	Platine de stabilisation 3 axes pour systèmes optroniques aéroportés	<a href="https://www.somag-ag.de">https://www.somag-ag.de</a>	Sebastian Schreiber: +49 3641 633680 <a href="mailto:s.schreiber@somag-ag.de">s.schreiber@somag-ag.de</a>
COSE	Platine de stabilisation et solutions passives	<a href="http://www.cose.fr">http://www.cose.fr</a>	Hervé Guiot: 01 80 43 00 40 <a href="mailto:herv.guiot@cose.fr">herv.guiot@cose.fr</a>
Safran	Boule optronique gyro-stabilisée 3/5 axes	<a href="https://www.safran-electronics-defense.com/fr/aeronautique-et-espace/drones/optronique-embarquee">https://www.safran-electronics-defense.com/fr/aeronautique-et-espace/drones/optronique-embarquee</a>	Emmanuel Kling: +01 58 11 40 00 <a href="mailto:emmanuel.kling@safrangroup.com">emmanuel.kling@safrangroup.com</a>
L3Com-Wescam	Boule gyro-stabilisée 3 axes	<a href="https://www.wescam.com/">https://www.wescam.com/</a>	+1-905-633-4175 <a href="mailto:support.wescam@l3com.com">support.wescam@l3com.com</a>
Airbus (ex SurveyCopter)	Plate-forme de stabilisation et d'orientation 3 axes pour UAV	<a href="https://www.survey-copter.com/produits/tourelles/">https://www.survey-copter.com/produits/tourelles/</a>	Jean-Marc Masenelli: 04 75 00 09 96 <a href="mailto:jean-marc.masenelli@survey-copter.com">jean-marc.masenelli@survey-copter.com</a>
DJI	Plate-forme de stabilisation et d'orientation 3 axes pour UAV	<a href="http://www.dji.com/fr/products/aerial-gimbals">http://www.dji.com/fr/products/aerial-gimbals</a>	+49 (0) 9771-1773000 – <a href="mailto:pr.eu@dji.com">pr.eu@dji.com</a>
DST Control	Plate-forme intégrée de stabilisation et d'orientation 3 axes pour UAV	<a href="http://www.dst.se/gimbal/">http://www.dst.se/gimbal/</a>	+46 13 21 10 80 – <a href="mailto:info@dst.se">info@dst.se</a>
InPixal	Plate-forme intégrée de stabilisation et d'orientation 3 axes pour UAV	<a href="http://www.inpixal.com/fr/tourelle-asio-155/">http://www.inpixal.com/fr/tourelle-asio-155/</a>	Pierre Rommeauteau: 09 72 11 30 24 <a href="mailto:pierre.rommeauteau@inpixal.com">pierre.rommeauteau@inpixal.com</a>
UAV Vision	Boules gyrostabilisées pour porteurs divers	<a href="http://www.uavvision.com/contact-us-form">http://www.uavvision.com/contact-us-form</a>	+61 2 6581 1994 – <a href="mailto:sales@uavvision.com">sales@uavvision.com</a>
GSS	Plate-forme gyrostabilisée pour divers porteurs	<a href="http://gyrostabilizedsystems.com/">http://gyrostabilizedsystems.com/</a>	+1 530-264-7657
SteadyCam	Système de stabilisation portable pour caméra	<a href="http://tiffen.com/steadycam/">http://tiffen.com/steadycam/</a>	Cartoni France – Regis Prosper: 09 77 78 11 43 <a href="mailto:regis.prosper@cartonifrance.com">regis.prosper@cartonifrance.com</a>
Varioptic	Lentilles pour stabilisation optique pour smartphone	<a href="http://www.varioptic.com/">http://www.varioptic.com/</a>	04 37 65 35 31 <a href="mailto:sales@atdelectronique.com">sales@atdelectronique.com</a>
Cedrat Technologies	Solution mécatronique pour système de contrôle de ligne de visée	<a href="http://www.cedrat-technologies.com/fr/technologies.html">http://www.cedrat-technologies.com/fr/technologies.html</a>	04 56 58 04 00 <a href="mailto:actuator@cedrat-tec.com">actuator@cedrat-tec.com</a>