



# ANAFI™

ANYTIME. ANYWHERE

ANAFI, la caméra volante 4K HDR qui vous accompagne partout.

Parrot®

EVERYDAY LIFE.ELEVATED



## IMAGES À COUPER LE SOUFFLE

4K Cinema & capteur 21MP / Vidéos 4K HDR 100 Mbps.  
Nacelle avec orientation à 180° et stabilisation d'image hybride à 3 axes.  
Zoom digital sans perte jusqu'à 2.8X / Formats de post-production RAW & P-LOG.



4K HDR  
21 MP



NACELLE AVEC  
ORIENTATION À 180°



STABILISATION D'IMAGE  
HYBRIDE À 3 AXES



ZOOM SANS  
PERTE 2.8X

## DESIGN ULTRA-PORTABLE

Ultra compact / Design en Carbone robuste / Dépliage rapide & facile (moins de 3s).  
Système de charge nomade USB-C (Compatible avec les Powerbanks).  
Facile à piloter avec un smartphone / Caméra résistante aux températures extrêmes (-10°C à 40°C).



DÉPLIAGE RAPIDE  
& FACILE



ULTRA  
COMPACT



TÉLÉCOMMANDE  
PLIABLE



SYSTÈME DE CHARGE  
NOMADE USB-C



## INTELLIGENT & PUISSANT

25 minutes de temps de vol (Batterie intelligente) / Vols super silencieux.  
Système de transmission omnidirectionnel (4km de portée).  
Résistance au vent jusqu'à 50km/h / Vitesse de pointe de 55km/h en mode Sport.



25 MIN DE TEMPS  
DE VOL



VOLS SUPER  
SILENCIEUX



4KM  
DE PORTÉE



RÉSISTANCE AU  
VENT 50KM/H



## SIMPLE D'UTILISATION

Nouvelle application FreeFlight 6 pour une expérience ergonomique et intuitive.  
Système de suivi visuel avancé amélioré par l'I.A. / SmartDronies pour des selfies aériens faciles.  
CineShots pour des vidéos de paysage automatiques / Modes Slow-motion & Hyperlapse.



APP INTUITIVE  
FREEFLIGHT 6



SMARTDRONIES POUR DES  
SELFIES AÉRIENS



CINESHOTS POUR DES  
VIDÉOS DE PAYSAGE



SLOW-MOTION &  
HYPERLAPSE

# SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

## DRONE

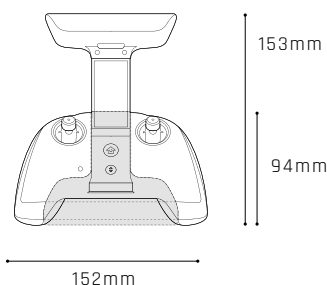
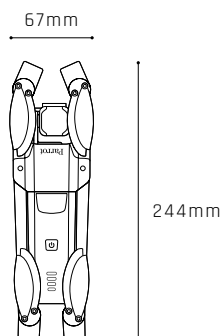
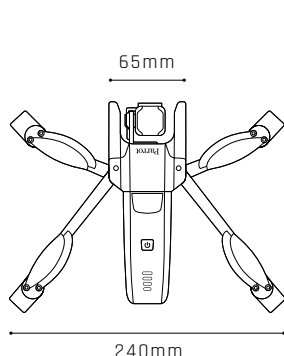
- Taille plié : 244x67x65mm
- Taille déplié : 175x240x65mm
- Poids : 320g
- Portée de transmission max. : 4km avec télécommande
- Temps de vol max. : 25 min
- Vitesse horizontale max. : 15m/s
- Vitesse verticale max. : 4m/s
- Résistance au vent max. : 50km/h
- Plafond pratique : 4500m au dessus du niveau de la mer
- Température de fonctionnement: -10°C à 40°C
- Systèmes de positionnement satellite : GPS & GLONASS

## BATTERIE INTELLIGENTE

- Type : Lipo haute densité (2 cellules)
- Capacité de la batterie : 2700mAh
- Durée de vie de la batterie : 25 min
- Port de charge : USB-C
- Poids : 126g
- Voltage : 7.6V
- Puissance de charge max. : 24W

## TÉLÉCOMMANDE

- Taille plié : 94x152x72mm
- Taille déplié : 153x152x116mm
- Poids : 386g
- Système de transmission : Wi-Fi 802.11a/b/g/n
- Fréquence de fonctionnement : 2.4 - 5.8 GHz
- Distance de transmission max. : 4km
- Résolution du retour vidéo : HD 720p
- Capacité de la batterie : 2500 mAh 3,6V
- Durée de vie de la batterie : 2h30 (Android) / 5h30 (iOS)
- Appareils mobiles compatibles: Taille d'écran jusqu'à 6"
- Ports USB: USB-C (Charge), USB-A (Connexion)



## SYSTÈME D'IMAGES

- Capteur : 1/2.4" CMOS
- Lentille :
  - ASPH (Images plus nettes)
  - Ouverture : f/2.4
  - Distance focale (Format 35mm équivalent) : 23-69mm (photo), 26-78mm (vidéo)
  - Profondeur de champ : 1.5m - ∞
- Vitesse d'obturation : obturation électronique 1 à 1/10000s
- Gamme ISO: 100-3200
- Résolution vidéo :
  - 4K Cinema 4096x2160 24fps
  - 4K UHD 3840x2160 24/25/30fps
  - FHD 1920x1080 24/25/30/48/50/60fps
- HFOV Vidéo : 69°
- Vitesse du flux vidéo max. : 100 Mbps
- Format vidéo : MP4 (H264)
- Zoom digital :
  - Sans perte : Jusqu'à 2.8x (FHD) & 1.4x (4K UHD)
  - Standard : Jusqu'à 3x (4K Cinema, 4K UHD, FHD)
- Résolution photo :
  - Wide : 21MP (5344x4016) / 4:3 / HFOV 84°
  - Rectilinear : 16MP (4608x3456) / 4:3 / HFOV 75.5°
- Formats photo : JPEG, DNG (RAW)
- HDR: 4K UHD vidéo

## STABILISATION DE L'IMAGE

- Stabilisation:
  - Hybride 3-axes
  - Mécanique: Roulis/Tangage 2-axes
  - Electronique (EIS): Roulis/Lacet/Tangage 3-axes
- Plage d'orientation contrôlable: -90° à +90° (180° total)

## CONTENU DU PACK

DRONE ANAFI / BATTERIE INTELLIGENTE / TELECOMMANDE / ÉTUI DE TRANSPORT / CARTE SD 16GB  
CABLE USB-A VERS USB-C / 8 PALES D'HÉLICE ADDITIONNELLES / OUTIL DE MONTAGE

PARROT DRONES SAS - RCS PARIS 808 408 704

174 quai de Jemmapes 75010 Paris - FRANCE - WWW.PARROT.COM

Parrot and Parrot logo are trademarks or registered trademarks of Parrot SA, used under license therefrom.

Anafi and its logo are trademarks or registered trademarks of Parrot Drones SAS.

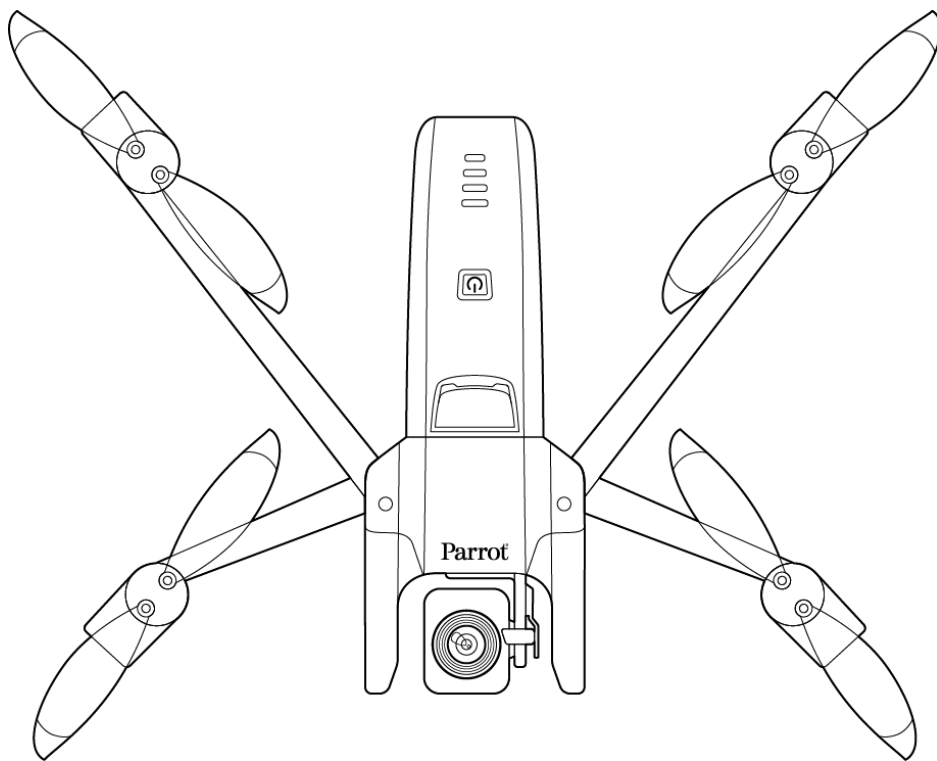
Parrot®

EVERYDAY LIFE.ELEVATED



# Parrot<sup>®</sup>

WHITE PAPER ANAFI



## TABLE DES MATIERES

<b>1</b>	<b>CONCEPTION/AÉRODYNAMIQUE .....</b>	<b>4</b>
1.1	CONCEPTION .....	4
1.1.1	<i>Caractéristiques clés</i> .....	4
1.1.2	<i>Robustesse</i> .....	4
1.2	AÉRODYNAMIQUE .....	4
1.2.1	<i>Caractéristiques clés</i> .....	4
1.2.2	<i>Performance</i> .....	5
<b>2</b>	<b>NACELLE/IMAGES .....</b>	<b>6</b>
2.1	NACELLE .....	6
2.1.1	<i>Caractéristiques clés</i> .....	6
2.1.2	<i>Performance</i> .....	6
2.1.3	<i>Stabilisation vidéo hybride</i> .....	6
2.1.4	<i>180° tilt</i> .....	6
2.1.5	<i>Vision parfaite</i> .....	6
2.1.6	<i>Robustesse</i> .....	6
2.1.7	<i>Qualité</i> .....	6
2.2	IMAGES.....	7
2.2.1	<i>Caractéristiques clés</i> .....	7
2.2.2	<i>HDR</i> .....	7
2.2.3	<i>Unité optique</i> .....	7
2.2.4	<i>Performances optiques</i> .....	8
2.2.5	<i>Fabrication du bloc optique : alignement actif (active alignment)</i> .....	8
2.2.6	<i>Qualité</i> .....	9
<b>3</b>	<b>CONTROLE ET MODES DE VOL .....</b>	<b>10</b>
3.1	CARACTERISTIQUES CLES .....	10
3.2	LE CONTROLEUR DE VOL .....	10
3.2.1	<i>Composants :</i> .....	10
3.2.2	<i>Performances capteurs</i> .....	10
3.2.3	<i>Boucle de contrôle</i> .....	11
3.3	MODE DE VOL .....	12
3.3.1	<i>Point fixe précis</i> .....	12
3.3.2	<i>Return Home (RTH) Précis</i> .....	12
3.3.3	<i>Smart RTH</i> .....	12
3.3.4	<i>Décollage automatique</i> .....	12
3.3.5	<i>Décollage à la main</i> .....	12
3.3.6	<i>Vol à basse altitude</i> .....	12
3.3.7	<i>Atterrissage automatique</i> .....	13
3.4	MODES DE PILOTAGE.....	13
3.4.1	<i>Manuel :</i> .....	13
3.4.2	.....	13
3.4.3	<i>Automatiques</i> .....	13
<b>4</b>	<b>FREEFLIGHT 6 .....</b>	<b>16</b>
4.1	CARACTERISTIQUES CLES .....	16
4.2	ECRAN HUD ( <i>HEAD-UP DISPLAY</i> OU VISEUR TETE HAUTE).....	16
4.3	ECRAN FLIGHT PLAN.....	16
4.4	FOND DE CARTE .....	17
4.5	VISUALISATION DES VIDEOS ET PHOTOS .....	17
4.6	MISE A JOUR AUTOMATIQUE DU LOGICIEL.....	17
4.7	GSDK.....	18

<b>5</b>	<b>FLUX VIDEO .....</b>	<b>21</b>
5.1	CARACTERISTIQUES CLES .....	21
5.2	PERFORMANCES DU FLUX .....	21
5.3	ALGORITHMES D'OPTIMISATION DU FLUX VIDEO .....	21
<b>6</b>	<b>BATTERIE.....</b>	<b>22</b>
6.1	KEY CHARACTERISTICS .....	22
6.2	PERFORMANCE.....	22
6.3	FEATURES .....	22
6.3.1	<i>"Smart power management" - gestion de puissance intelligente .....</i>	<i>22</i>
6.3.2	<i>"Wintering" - hivernage .....</i>	<i>22</i>
6.3.3	<i>Stockage.....</i>	<i>22</i>
6.3.4	<i>"Smart charging" - chargement intelligent.....</i>	<i>22</i>
6.3.5	<i>Interface USB-C « OTG » (on-the-go).....</i>	<i>23</i>
6.3.6	<i>Powerbank" - réserve d'énergie .....</i>	<i>23</i>
6.3.7	<i>Indicateur de charge.....</i>	<i>23</i>
6.4	QUALITE.....	23

## 1 CONCEPTION/AÉRODYNAMIQUE

### 1.1 Conception

#### 1.1.1 Caractéristiques clés

- ANAFI est le plus compact des drones 4K du marché
- Ultraléger : 320 g
- Très facile à transporter quand il est plié (244x67x65mm)
- ANAFI se déplie en une seconde

#### Caractéristiques de la structure

<i>Déplié (LxWxH)</i>	<i>175x240x65mm</i>
<i>Plié (LxWxH)</i>	<i>244x67x65mm</i>
<i>Poids</i>	<i>320 g</i>
<i>Prêt à voler</i>	<i>28 seconds</i>
<i>Températures de fonctionnement</i>	<i>-14 °C/40 °C</i>
<i>Hygrométrie</i>	<i>93 % de taux d'humidité</i>

#### 1.1.2 Robustesse

La structure mécanique d'ANAFI est principalement constituée de polyamide, mais elle est renforcée de fibres de carbone et allégée par des billes de verre creuses. ANAFI a passé avec succès les essais suivants :

- Chaleur humide (+40 °C et hygrométrie à 93 %) pendant 16 h (NF EN 60068-2-78)
- Chaleur sèche (+50 °C) pendant 16h (NF EN 60068-2-2)
- Chocs thermiques : 20 cycles d'une heure à -36 °C et +43 °C (NF EN 60068-2-14)
- Températures extrêmes : -20 °C et +70 °C pendant 4 h (NF EN 60068-2-1 & NF EN 60068-2-2)
- Basses températures : -10 °C pendant 16 h (NF EN 60068-2-1)
- IP5X : protégé contre la poussière (test de 8 h)
- ANAFI vole sous la pluie.
- 400 heures de vol à température ambiante sans usure mécanique

As ce jour, la flotte des ANAFI a accumulé plus de 20 000 heures de vol.

### 1.2 Aérodynamique

#### 1.2.1 Caractéristiques clés

- Les moteurs d'ANAFI sont puissants (60 W) et présentent un rendement (puissance mécanique sur puissance électrique) de 71 % en point fixe ; ils ont été conçus pour mettre à profit les caractéristiques de l'hélice sur l'ensemble de la plage de vol.
- Rapport poids/autonomie : avec 25 minutes de vol, une structure légère (320 g) et un rendement élevé de sa chaîne de conversion, ANAFI peut voler vite (54 km/h) et loin (14 km)
- Résistance au vent : 50 km/h
- Discrétion sonore : ANAFI est bien plus discret [65.5 dB à 1 m] que tous les drones comparables.

## 1.2.2 Performance

Performances aérodynamiques	
Vitesse	15 m/s
Résistance au vent	50 km/h
Temps de vol	25 min
Vitesse ascensionnelle max	4 m/s
Vitesse de descente max	4 m/s
Vitesse à 2500 m	13 m/s
Plafond de service	4800 m
Distance franchissable	14 km à 11.5 m/s
Vitesse angulaire max	200°/s

- Qualité
- PARROT est certifié ISO9001.
- Tous les drones sont contrôlés sur un banc de production (FVT).
  - Banc #2 : calibration thermique de l'IMU et test du baromètre & du magnétomètre sur le PCB.
  - Banc #3 : calibration dynamique de l'IMU et du magnétomètre.
  - Banc #4 : mesure de la perturbation des moteurs sur le magnétomètre.
  - Banc #5 : test et calibration de la caméra verticale.
  - Test en vol : Tous les drones produits effectuent un test en vol : décollage, vol stationnaire, atterrissage.

Des tests de robustesse sont réalisés lors des phases de développements. Ces tests permettent également d'optimiser le dimensionnement du drone.

Les résultats des contrôle qualité d'ANAFI sont disponibles sur demande.

## 2 NACELLE/IMAGES

### 2.1 Nacelle

La nacelle d'ANAFI bénéficie de la stabilisation la plus précise du marché des drones légers.

#### 2.1.1 Caractéristiques clés

- Stabilisation hybride : mécanique et électronique
- Précision :  $\pm 0.004^\circ$
- Orientation contrôlable de la nacelle :  $180^\circ$  [du nadir ( $-90^\circ$ ) au zénith ( $+90^\circ$ )]

#### 2.1.2 Performance

Performances de la nacelle	
Précision angulaire de la stabilisation de l'image :	$\pm 0.004^\circ$
Débattement mécanique :	De $-140^\circ$ à $+110^\circ$
Débattement contrôlable :	De $-90^\circ$ à $+90^\circ$
Vitesse maximale de contrôle :	$180^\circ/s$
Protection :	Contre la surcharge Contre la surchauffe Contre le survoltage

#### 2.1.3 Stabilisation vidéo hybride

Les vidéos d'ANAFI sont stabilisées sur 5 axes (mécaniquement sur 2 axes et électroniquement sur 3 axes) ; ce qui lui permet de bénéficier d'un degré de précision de  $0.004^\circ$  - ce qui est essentiel pour l'utilisation du zoom. La centrale inertielle située le plus près de la caméra suit ses mouvements à 8 kHz.

#### NACELLE

2 axes stabilisés mécaniquement : roulis et tangage

3 axes stabilisés électroniquement (*Electronic Image Stabilization - EIS*) : roulis, tangage et lacet

L'algorithme EIS corrige la distorsion de l'objectif grand angle et l'effet d'oscillation lié aux vibrations du drone, et il stabilise numériquement l'image sur trois axes (roulis, tangage, lacet).

#### 2.1.4 $180^\circ$ tilt

La structure mécanique de la nacelle permet une orientation de la caméra sur  $180^\circ$ , pour effectuer des inspections et des observations directement au-dessus du drone. ANAFI est le seul drone léger du marché qui dispose de cette fonction.

#### 2.1.5 Vision parfaite

Pour permettre à chaque plan de bénéficier d'une qualité optique optimale, le drone et ses hélices ont été conçues pour ne jamais se trouver dans le champ de vision de la caméra.

#### 2.1.6 Robustesse

La nacelle et son module camera sont protégés physiquement par une fourche. La nacelle est également protégée contre les surcharges (elle est libérée lorsqu'une force extérieure est appliquée sur son mécanisme pendant plus de 10 secondes), les survoltages et les températures excessives ( $120^\circ\text{C}$ ).

#### 2.1.7 Qualité

- La nacelle d'ANAFI a été testée sur un banc de test dédié pendant plus de 100 heures d'affilée, sans dysfonctionnement et sans usure visible.
- Toutes les nacelles sont testées en production sur le banc #4.

- Les moteurs de la nacelle sont contrôlés également.
- Détecteur de contrôle de l'effet Hall : amplitude, biais et bruit.

Les résultats des contrôles qualité de la nacelle d'ANAFI sont disponibles sur demande.

## 2.2 Images

### 2.2.1 Caractéristiques clés

- Caméra équipé d'un capteur SONY IMX230 1/2.4"
- Résolution vidéo : 4K HDR (30 fps)
- Résolution photo : 21 Mp
- Résolution angulaire : 0.048°
- Résolution - fonction de transfert de modulation (*MTF*): > 50 à 160 lp/mm
- Zoom sans perte : x2.8 en 1080 p

#### Résolution vidéo

4K Cinema 4096x2160 24 fps  
 4K UHD 3840x2160 24/25/30 fps  
 FHD 1920x1080 24/25/30/48/50/60 fps  
 Champ de vision vidéo : 69°  
 Flux vidéo maximal : 100 Mbps  
 Format vidéo : MP4 (H264)

#### Résolutions photo

Wide (large) : 21MP (5344x4016) / 4:3 / champ de vision horizontal 84°  
 Rectilinéaire : 16MP (4608x3456) / 4:3 / champ de vision horizontal 75.5°  
 Formats photo : JPEG, Adobe DNG (RAW)

### 2.2.2 HDR

L'algorithme HDR (plage dynamique étendue ou *high dynamic range*) restitue jusqu'à 14 EV (valeurs d'exposition). Le capteur expose la moitié des pixels en temps long et l'autre moitié en temps court de façon simultanée, pour éviter les « flous de bougé ». Ces deux expositions sont fusionnées en une image correspondant à la définition native du capteur (21 Mp), en optimisant le contraste et en minimisant la perte détails.

Le processeur graphique définit les temps d'exposition en fonction de la scène et réalise les optimisations de l'image finale (contraste, couleur, réduction de bruit).

### 2.2.3 Unité optique

L'architecture du bloc optique repose sur des lentilles asphériques à faible dispersion (110° et 26° de champ de vision - FOV - diagonal) qui garantissent un niveau d'aberration chromatique minimal. L'objectif, composé de six lentilles, a été optimisé pour réduire la lumière parasite et offrir la meilleure résolution possible sur toute la plage thermique d'utilisation du drone (-10 °C à 45 °C).



Fig.1 - L'unité optique d'ANAFI'



## 2.2.4 Performances optiques

### Performances optiques d'ANAFI

Résolution angulaire	0,048°
Résolution - fonction de transfert de modulation (MTF)	> 50 à 160 lp/mm
Zoom sans perte	x2.8 en 1080p
Focale réelle	4,04mm +/- 5 %
Ouverture	f/2.39 +/- 5 %
Temps d'exposition	1 seconde - 1/10000 s
Plage ISO	100 to 3200

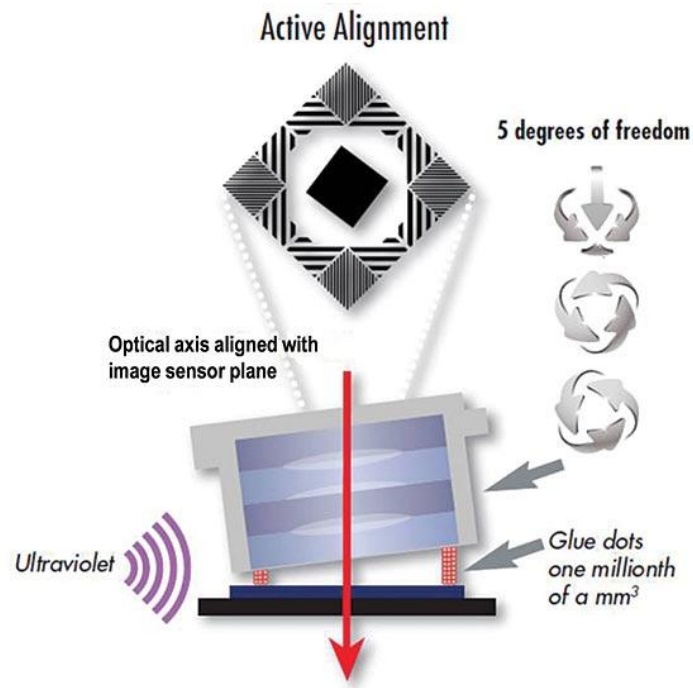
## 2.2.5 Fabrication du bloc optique : alignement actif (*active alignment*)

Le bloc optique est assemblé au capteur Sony selon une technique d'alignement actif. Celle-ci consiste à positionner et fixer automatiquement le bloc optique au capteur à l'aide un bras robotisé pour obtenir les performances suivantes :

- positionnement en hauteur du bloc optique par rapport au capteur pour obtenir une mise au point à la température définie (23 °C +/- 2 °C) et pour garantir les spécifications en résolution dans le champ ;
- orientation en lacet, roulis et tangage du bloc optique par rapport à l'axe optique, pour une résolution uniforme sur les bords de l'image ;
- alignement de l'axe du bloc optique au capteur, pour garantir les meilleures performances au centre de l'image ;
- alignement du centre optique sur le centre du capteur à +/- 20 pixels (22 micromètres).

Une calibration de l'image est enfin réalisée en usine, qui permet au processeur graphique de garantir les spécifications de qualité d'image.

Fig. 2 – Active alignment camera assembly



## 2.2.6 Qualité

Voici la liste des tests optiques réalisés en production :

- Vérification MTF (*Modulation Transfer Function* ou fonction de transfert de modulation) au centre
- Vérification MTF sur les bords
- Tests de module caméra :
  - MTF au centre
  - MTF à 40% du champ
  - MTF à 70% du champ
- Irrégularités lumineuses (zones claires ou sombres dans l'image, poussières potentielles, etc.)
- Pixel défectueux (vérification du nombre de pixels morts)
- Centre optique
- Uniformité de la luminosité et de la couleur dans le champ
  - Cosmétique (tâches, rayures, etc.)

## 3 CONTROLE ET MODES DE VOL

---

### 3.1 Caractéristiques clés

Le contrôleur de vol d'ANAFI permet un pilotage facile et intuitif : aucune formation n'est nécessaire pour piloter ce drone. Il permet l'automatisation de nombreux modes de vol [Flight Plan (plans de vol), Follow Me (suivi du pilote), Cameraman (suivi de véhicule ou de sujet), Hand Launch (décollage à la main), Smart RTH (retour au point de décollage intelligent), etc.].

### 3.2 Le contrôleur de vol

#### 3.2.1 Composants :

Le contrôleur de vol d'ANAFI tourne sur le processeur Ambarella H22. Il est équipé d'une centrale inertielle (IMU) Invensense MPU-6000, d'un magnétomètre ST Microelectronics LPS22HB, d'un GPS U-BLOX UBX-M8030, d'un ultrasonar, d'un baromètre et d'une caméra verticale. Le logiciel de vol Parrot fusionne les données de tous les capteurs pour estimer l'attitude, l'altitude, la position et la vitesse d'ANAFI.

#### 3.2.2 Performances capteurs

##### 3.2.2.1 IMU: Invensense MPU-6000

###### Gyroscope 3 axes

- Plage de mesure :  $\pm 2000$  °/s
- Résolution : 0,03 °/s
- Biais/exactitude :  $\pm 7$  °/s - après compensation
- Stabilisation en températures : 50°C

###### Accéléromètre 3 axes

- Plage de mesure :  $\pm 16g$
- Résolution : 0,2 mg
- Biais/exactitude :  $\pm 15mg$  (X-Y)  $\pm 67mg$  (Z) - après compensation
- Calibration thermique et stabilisation en température : 50°C à  $\pm 0.1$ °C
- Fréquence de mesure : 1KHz

##### 3.2.2.2 Magnétomètre AKM AK8963

- Plage :  $\pm 49000$  mG
- Résolution : 6 mG
- Biais/précision :  $\pm 10$  mG (après compensation)

##### 3.2.2.3 Baromètre - ST Microelectronics LPS22HB

- Plage de mesure : 260-1260 hPa
- Résolution : 0,0002 hPa
- Biais/exactitude :  $\pm 0,1$  hPa
- Fréquence de mesure : 75 Hz
- Bruit de mesure : 20 cm RMS

##### 3.2.2.4 GPS : U-BLOX UBX-M8030

- Sensibilité : *cold start* = -148 dBm / *tracking & navigation* = -167 dBm
- Première synchronisation (*Time-To-First-Fix*) : 35 secondes
- Position : écart-type 1,2 m
- Vitesse : écart-type 0,5 m/s

### 3.2.2.5 Ultrasonar (mesure de la hauteur)

- Fréquence son : 40 KHz
- Fréquence de mesure : 17 Hz
- Portée max sur béton : 5 m
- Portée max sur herbe : 2 m

### 3.2.2.6 Caméra verticale (mesure vitesse horizontale et hauteur par flux optique)

- Capteur : MX388
- Résolution : 640x480
- Capteur à obturateur global
- Noir et blanc
- Champ de vision : 53,7°
- Champ de vision vertical : 41,5°
- Ouverture : f:2.8
- Flux optique à 60 Hz pour la mesure de la vitesse sol
- Calcul de points d'intérêt à 15 Hz pour vol stationnaire et atterrissage précis
- Estimation de vitesse : 160x120 pixels - 60 fps
- Vol stationnaire précis : 160x120 pixels - 15 fps

Cet algorithme estime les états du drone par un filtre de Kalman étendu qui fusionne les données des capteurs.

Les états estimés sont les suivants :

- vitesse sur 3 axes (x, y, z)
- attitude ( $\Phi\Theta\Psi$  : roulis, tangage, lacet)
- biais accéléromètres (x, y, z)
- biais du gyroscope
- biais du baromètre
- position x, y, z dans le repère *North-East-Down* (NED - Nord-Est-Bas)
- vent sur x, y dans le repère NED

Le biais du magnétomètre en x, y et z est estimé par fusion des données du gyroscope et du magnétomètre.

La distance sol est estimée par fusion des mesures de l'ultrasonar et du flux optique issu de la caméra verticale, que l'on combine avec la vitesse verticale déterminée par le filtre de Kalman.

Le facteur de correction du modèle de poussée est calculé à partir de l'erreur entre l'accélération prédite par l'équation de la dynamique sur l'axe z du drone et la mesure de l'accéléromètre. Ce facteur permet de calculer la commande d'équilibre du drone afin de compenser son poids.

## 3.2.3 Boucle de contrôle

La boucle de contrôle (200 Hz) détermine les consignes appliquées aux moteurs. Ces consignes s'appuient sur la commande en altitude, le contrôle en position, la commande en attitude et le mixage des commandes.

### 3.2.3.1 Commande Altitude

- Génération de trajectoire et de *feedforward* (précompensation) par modèle idéal : permet de dissocier les dynamiques de trajectoires du rejet de perturbation et réduit l'erreur de contrôle en altitude.
- Contrôle de l'altitude de type PID.

### 3.2.3.2 Boucle de contrôle en position

- Génération de trajectoire et de *feedforward* (précompensation) par modèle idéal : permet de dissocier les dynamiques de trajectoires du rejet de perturbation et réduit l'erreur de contrôle en position.
- Contrôle de la position de type PID.
- Compensation du vent.

### 3.2.3.3 Commande en Attitude

- Génération de trajectoire et de *feedforward* (précompensation) par modèle idéal : permet de dissocier les dynamiques de trajectoires du rejet de perturbation et réduit l'erreur de contrôle en attitude
- Contrôle de l'attitude en quaternion de type PID
- Compensation des couples aérodynamiques et des perturbations extérieures estimés en temps réel

### 3.2.3.4 Mixage des commandes

Le mixage des commandes d'altitude et d'attitude permet de déduire les consignes des moteurs et de gérer les saturations des moteurs.

- Les commandes sont priorisées dans l'ordre suivant :
  - *Feedforward* (précompensation) en altitude
  - Roulis
  - Tangage
  - *Feedforward* (précompensation) en altitude, en fonction du roulis et du tangage
  - Lacet
  - Altitude

## 3.3 Mode de Vol

### 3.3.1 Point fixe précis

En point fixe, la caméra verticale du drone capture une photo de référence. Celle-ci est comparée aux photos successives prises à 15 Hz. L'algorithme détermine ensuite le déplacement de la caméra qui minimise l'erreur de reprojection entre la photo de référence et la nouvelle photo. Ce déplacement sert d'entrée pour recalculer l'estimation de position de l'autopilote.

Le drone est stable dans une sphère de 1.5 cm de rayon à 1 m d'altitude.

L'algorithme permet également de stabiliser le lacet du drone, accroissant la performance de stabilisation de l'image.

### 3.3.2 Return Home (RTH) Précis

La caméra verticale prend une photo de référence à la fin du décollage. Lorsque le drone atterrit ou arrive au-dessus de la cible en RTH, l'algo prend une nouvelle photo et détermine le déplacement par rapport à la photo de référence. Il mesure ensuite l'erreur de reprojection entre les deux photos qui servira de consigne en position X et Y.

### 3.3.3 Smart RTH

Le drone calcule la quantité d'énergie nécessaire pour rentrer, fonction de la distance et de la force du vent, et la compare à l'énergie restante dans la batterie. Lorsqu'il n'y a plus une marge suffisante, un RTH automatique est enclenché. L'utilisateur peut l'annuler.

### 3.3.4 Décollage automatique

Le drone se stabilise à 1 m du sol en point fixe. Il utilise le GPS et la caméra verticale pour tenir le point fixe en présence de vent fort.

### 3.3.5 Décollage à la main

Le drone démarre les moteurs à régime minimal, et attend de détecter le lancement. Il se stabilise ensuite à l'altitude de lancer.

### 3.3.6 Vol à basse altitude

Le drone vole à 50 cm d'altitude sans subir d'effet de sol

### 3.3.7 Atterrissage automatique

Quelle que soit l'altitude du drone, lorsque la quantité d'énergie restante dans la batterie est proche de l'énergie nécessaire pour se poser (calculée en fonction de l'altitude), l'atterrissage d'urgence se déclenche. L'utilisateur peut toujours piloter le drone, mais l'atterrissage n'est pas annulable.

## 3.4 Modes de pilotage

### 3.4.1 Manuel :

Le Skycontroller 3 permet de piloter le drone selon 4 modes :

	Manette gauche	Manette droite
Mode 1	Elévation et rotation	Direction
Mode 2	Direction	Elévation et rotation
Mode 3	Accélération et rotation	Elévation et rotation
Mode 4	Elévation et rotation	Accélération et rotation

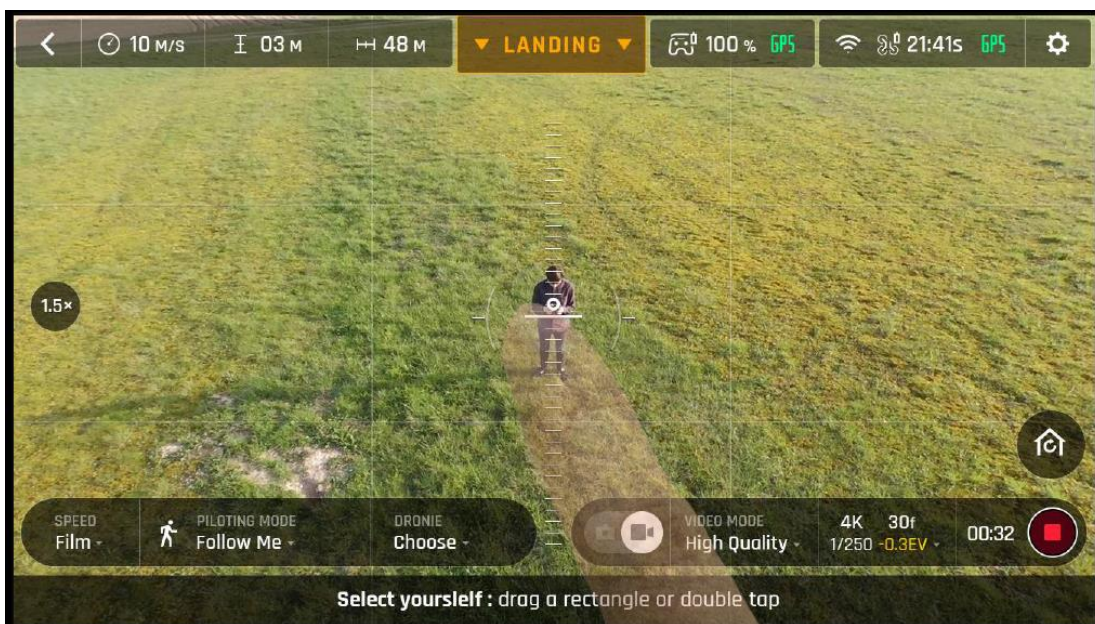
### 3.4.2

### 3.4.3 Automatiques

#### 3.4.3.1 Follow Me

L'utilisateur se sélectionne sur l'écran (touche et glisse ou double touche). ANAFI poursuit l'utilisateur, d'une distance comprise entre 10 et 30 mètres, selon trois modes de suivi (Track : le drone se positionne derrière le sujet et le poursuit ; Locked : le drone maintient sa position relative vis-à-vis du sujet ; Dynamic : le drone adapte sa course à la trajectoire du sujet et le contourne lorsqu'il change radicalement de direction).

Fig. 3 : Capture d'écran Follow Me



Le mode Follow Me combine un algorithme de « suivi visuel » et un algorithme de « suivi GPS et baromètre ».

Le suivi visuel consiste à fusionner :

- un modèle de mouvement de la position de la cible en fonction de la position du drone ;
- un algorithme de suivi visuel (flux optique et apprentissage en ligne à base de SVM) ;
- un algorithme de segmentation de la cible.

L'algorithme SVM initie le suivi avec une seule image et poursuit son apprentissage de la cible dans le temps. Il est capable de suivre les changements de silhouette de la cible (par exemple, pour un véhicule en mouvement : vue de profil, puis vue de derrière).

Un autre algorithme, particulièrement robuste, s'appuie sur un réseau de neurones MultiBox (de type convolutionnel léger) : il identifie des objets dans la scène et les reconnaît quelle que soit leur silhouette. Il est particulièrement adapté à un fonctionnement sur terminal mobile.

Le réseau détecte les véhicules et les personnes :

- hauteur de cible > 1/3 de l'image, taux de détection : 100 %
- hauteur de cible > 1/8 de l'image, taux de détection : 66 %
- hauteur de cible > 1/15 de l'image, taux de détection : 50 %

Un filtre de Kalman réalise la fusion des données issues du GPS et du baromètre, d'une part, et de la vision, d'autre part.

### 3.4.3.2 Cameraman

L'utilisateur sélectionne sa cible (véhicule, bâtiment, personne) sur l'écran (touche et glisse ou double touche). Le pilote contrôle ANAFI et la caméra du drone conserve la cible dans le cadre.

L'algorithme visuel mis en œuvre est le même que celui du mode Follow Me. Il s'adapte en permanence à l'évolution d'aspect et de direction de la cible.

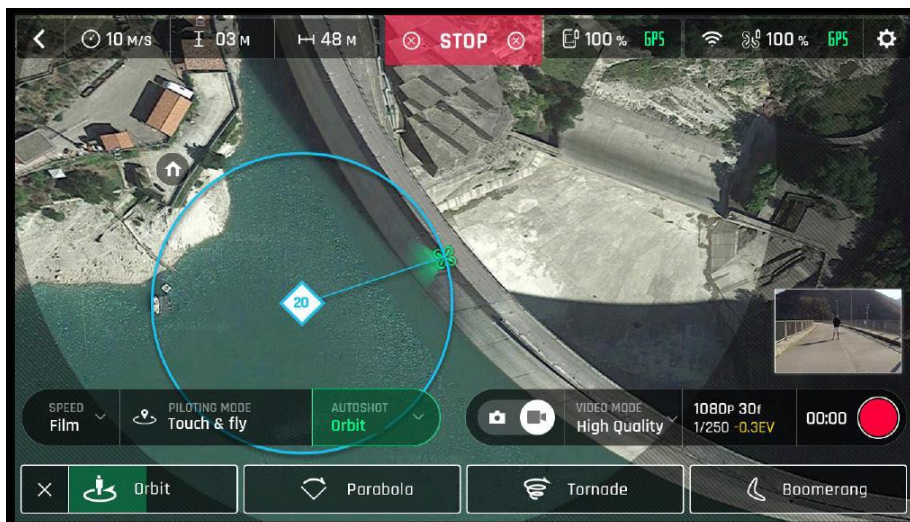
L'utilisateur se concentre sur le vol, la caméra adapte automatiquement son cadre (tangage et lacet) pour conserver la cible dans son cadre.

### 3.4.3.3 Touch & Fly

Depuis la carte, ce mode de vol permet de donner une destination au drone par simple désignation à l'écran.

Les coordonnées GPS du point sélectionné sont transmises au drone.

Fig. 4 : Capture d'écran Touch & Fly

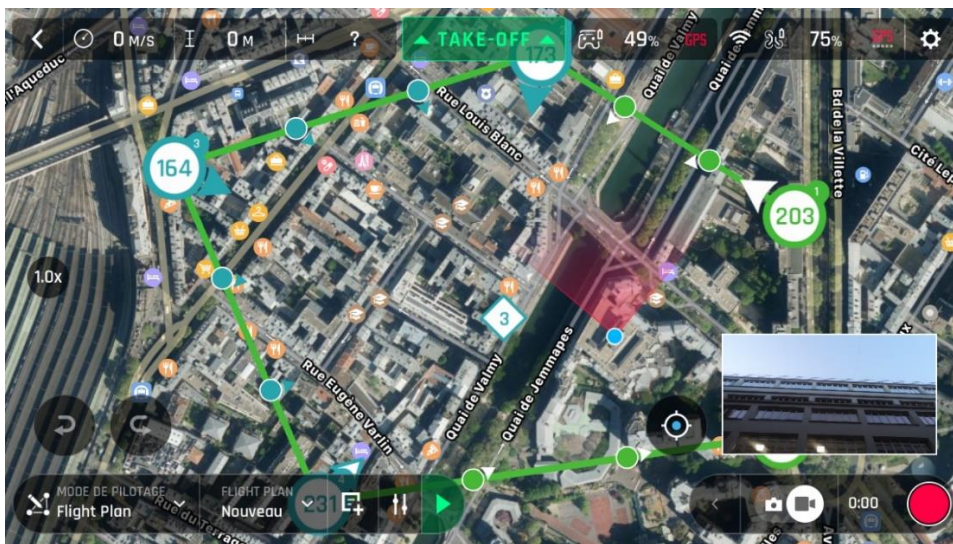


### 3.4.3.4 Flight Plan

L'utilisateur prépare sa mission hors ligne sur l'écran de son terminal mobile en sélectionnant les points de passage (WP ou Waypoints) et l'altitude du drone, ainsi que l'axe de la caméra. Parrot a simplifié l'ergonomie de la préparation de mission, opération généralement complexe pour l'utilisateur. Le plan de vol peut être édité, modifié et rejoué autant de fois que nécessaire. Le vol en Flight Plan est possible sans connexion radio.



Fig. 5 : Capture d'écran Flight Plan



### 3.4.3.5 Plans automatiques

FreeFlight 6 propose une série de prises de vue automatisées (360, Reveal, Spiral, Epic). A la demande de ses clients, Parrot peut développer des séquences de vol automatisées spécifiques.

## 4 FREEFLIGHT 6

### 4.1 Caractéristiques clés

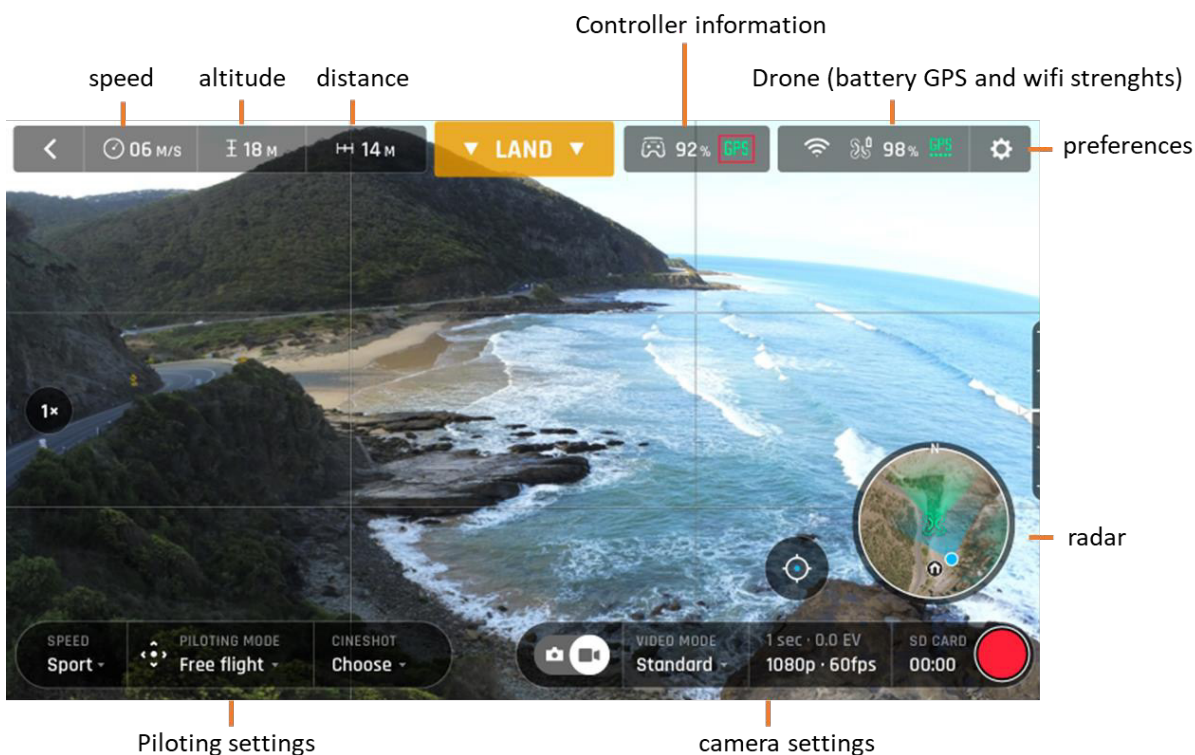
- L'application FreeFlight 6 permet de piloter et paramétrer le drone, la vidéo et les photos depuis un smartphone ou une tablette.
- ANAFI est prêt au décollage en 55 secondes, un record pour un drone de sa catégorie.
- ANAFI est équipé d'une carte microSD de 16 GB, capable d'enregistrer en 4K les images d'un vol complet (25 minutes).

### 4.2 Ecran HUD (*Head-up display* ou viseur tête haute)

L'interface de FreeFlight 6 est particulièrement ergonomique : l'écran regroupe les commandes de pilotage, l'accès aux réglages et l'ensemble des informations de vol :

- Altitude
- Distance
- GPS
- Niveau batterie du drone
- Niveau batterie du contrôleur
- Radar

Fig. 6 : Interface FreeFlight 6

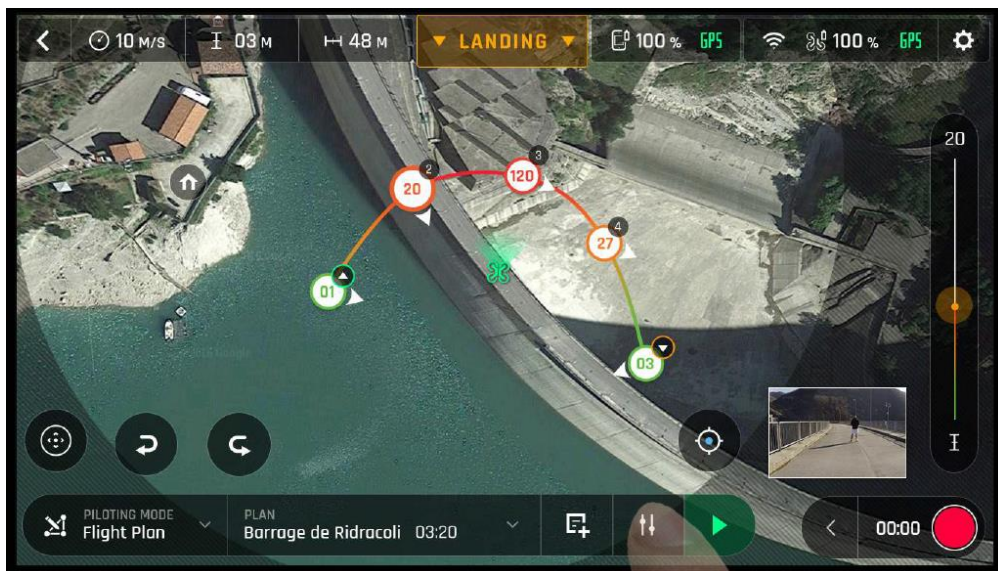


### 4.3 Ecran Flight Plan

Chaque plan de vol est constitué d'une succession de points de passage (WP ou *Waypoints*).

L'altitude et la vitesse du drone ainsi que l'orientation de sa caméra sont paramétrables pour chaque WP et entre chaque WP. La caméra peut être orientée vers un point d'intérêt (POI ou *Point of interest*) pour n'importe quel(s) WP.

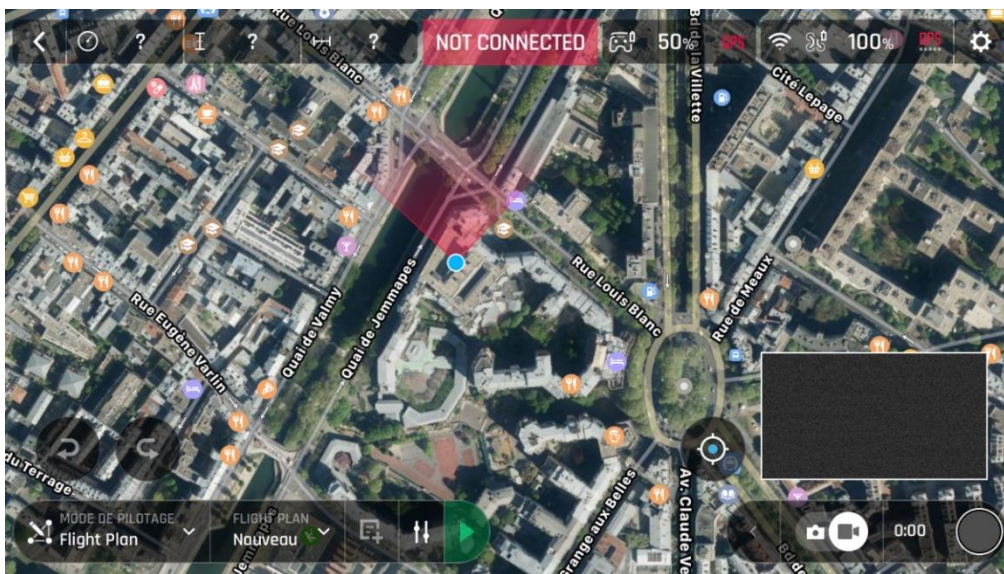
Fig. 7 : Capture d'écran Flight Plan



## 4.4 Fond de carte

Les cartographies disponibles : Apple (iOS) et Android

Fig. 8 : Cartographie iOS



## 4.5 Visualisation des vidéos et photos

La récupération des médias est possible directement en connectant ANAFI par câble USB à un ordinateur, sans extraire la carte microSD. Le téléchargement des médias est également possible directement depuis la galerie de FreeFlight 6, vers un terminal mobile : lorsque l'application est connectée au drone, elle a accès aux médias de la carte SD du drone.

## 4.6 Mise à jour automatique du logiciel

Les mises à jour de l'application FreeFlight 6 peuvent également comporter, selon les cas :

- une mise à jour du drone ANAFI
- une mise à jour du contrôleur Skycontroller 3
- une mise à jour des batteries intelligentes d'ANAFI



## 4.7 GSDK

Le SDK (*Software development kit* ou kit de développement logiciel) d'ANAFI est disponible publiquement. Il comprend les éléments suivants.

### 4.7.1.1 *GroundSDK : Disponible pour iOS (Swift et Objective C) et Android (JAVA)*

Le framework GroundSDK permet à l'utilisateur de développer ses propres applications mobiles pour piloter et récupérer le flux vidéo d'ANAFI. GroundSDK et toutes les bibliothèques qui le composent sont disponibles en code source prêt à compiler, ainsi que dans des versions CocoaPods pour iOS et ARR pour Android.

Le code est publié sous licence BSD-3 et il est accompagné d'un guide d'installation, de la documentation des API, ainsi que d'une application de démonstration.

### 4.7.1.2 *PDrAW: Disponible sur les systèmes Unix (Linux and macOS)*

PDrAW et ses dépendances sont un ensemble de bibliothèques logicielles et d'outils qui permettent à l'utilisateur d'exploiter les flux vidéo live (RTP) et enregistrés (MP4).

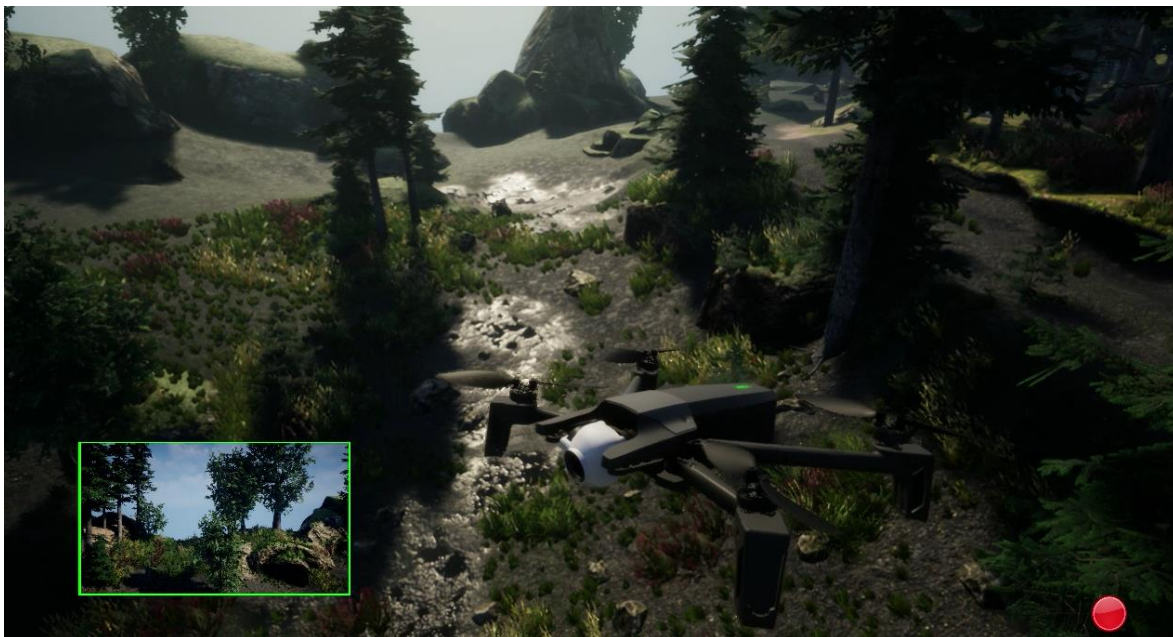
PDrAW est utilisé par GroundSDK sur Android et iOS et il est utilisable indépendamment sur environnement Linux et macOS.

PDrAW et ses dépendances sont disponibles en code source. Le code est publié sous licence BSD-3, accompagné d'un guide d'installation et de la documentation des API.

### 4.7.1.3 *Simulateur Sphinx*

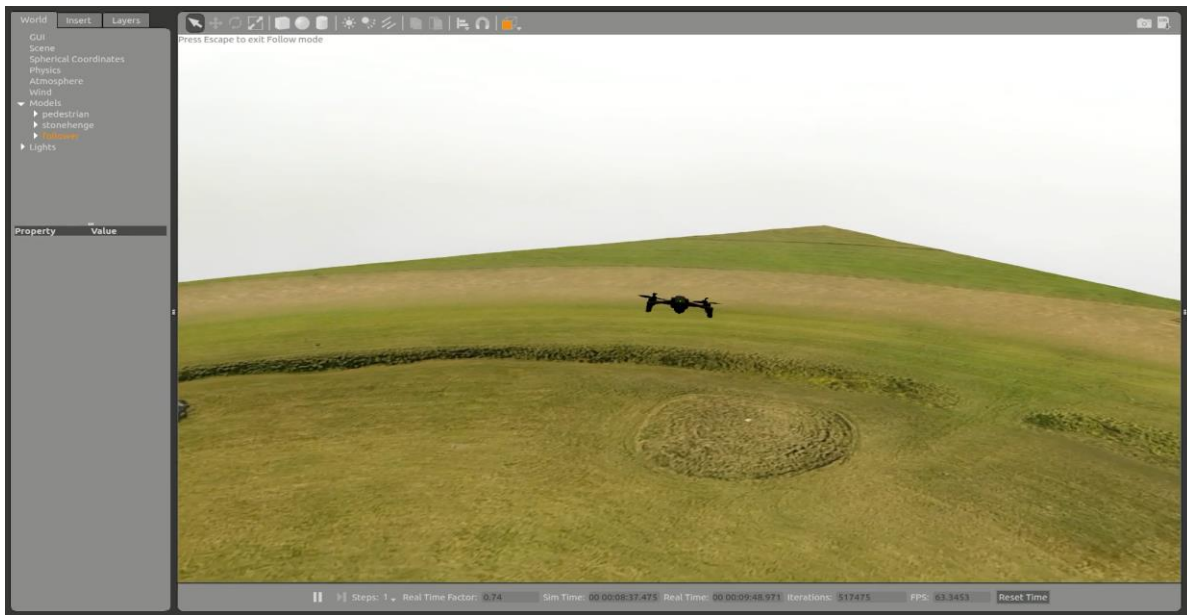
Ce simulateur de type « Software-in-the-loop » permet de faire évoluer ANAFI en 3D temps réel. Sphinx repose sur le framework de simulation robotique open source Gazebo.

**Fig. 9** : Rendu du simulateur Sphinx



Le firmware d'ANAFI, simulé sur l'équipement émulé (caméra, capteurs et actuateurs), est identique à celui embarqué dans un ANAFI réel. Le simulateur permet notamment le test automatisé (*headless*) et l'altération d'un périphérique hardware en temps réel.

Fig. 10 : Capture d'écran du simulateur Sphinx



#### 4.7.1.4 Compatibilité avec MAVLink

ANAFI est compatible avec le protocole open source MAVLink v1, qui permet l'échange en temps réel de données entre le drone et une station de contrôle. ANAFI peut ainsi être piloté manuellement ou en plan de vol automatique depuis n'importe quelle station de base compatible MAVLink - comme QGroundControl.

Fig. 11 : Protocole MAVLink

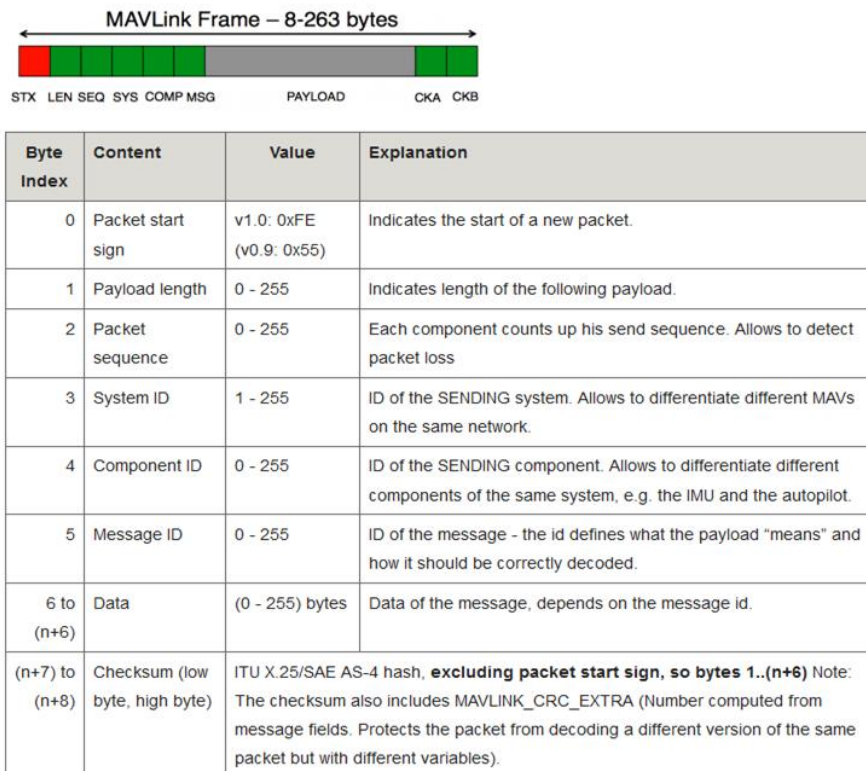
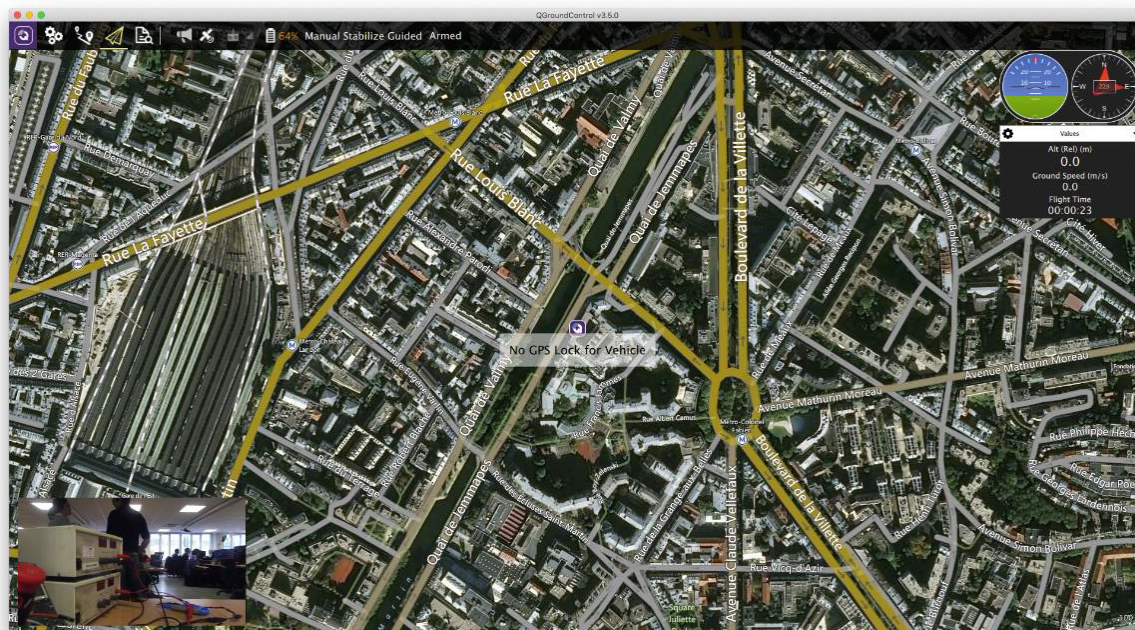


Fig. 12 : Interface QGroundControl pour le pilotage d'ANAFI



### 5.1 Caractéristiques clés

- Encodage H.264 avec protocoles de transmission RTSP et RTP
- Le flux vidéo est compatible avec les lecteurs prenant en charge le RTSP, comme VLC ou mplayer
- 720p, 30 fps, 5 Mbit/s
- Fonctionnalités avancées d'encodage vidéo et de streaming, pour une robustesse accrue aux erreurs, sur réseaux radio avec pertes
- Compatibilité avec les standards vidéo/réseau (ISO/IEC 14496-10 AVC / ITU-T H.264, RFC 3550, RFC 2326)
- Faible latence (< 300 ms "*glass-to-glass*" - optique à écran)
- Transmission de métadonnées avec la vidéo : télémétrie, métriques vidéo

### 5.2 Performances du flux

#### ANAFI

Résolution	720p
Images par seconde	24/25/30
Débit ( <i>bitrate</i> )	Jusqu'à 5 Mbit/s
Encodage	H.264 profile principal
Protocoles	RTSP et RTP (compatibles VLC)
Latence	< 280 ms optique à écran ( <i>glass-to-glass</i> )
Métadonnées	Télémétrie drone et métriques vidéo

### 5.3 Algorithmes d'optimisation du flux vidéo

#### 5.3.1.1 "*Advanced encoding for Error resilience*" – Encodage avancé pour la résilience face aux erreurs

Le flux H.264 est conçu pour minimiser l'impact de la perte de paquets sur le réseau et pour éviter les congestions. L'algorithme combine *slice-encoding* (encodage par tranches) et *intra-refresh* (rafraîchissement intermédiaire). Il encode les images en traitant 45 tranches de 16 pixels de hauteur, puis les rafraîchit par paquets de 5, toutes les 3 images (le rafraîchissement est complet après 29 images).

#### 5.3.1.2 "*Error concealment*" – Masquage des erreurs

Les imperfections sur l'image se limitent aux zones impactées par des pertes ne se propagent pas sur l'image entière.

#### 5.3.1.3 "*Congestion control*" – Contrôle des congestions

L'algorithme teste l'environnement Wi-Fi et radio pour anticiper et éviter les pertes de paquets et les congestions sur le réseau, ce qui contribue à réduire la latence.

#### 5.3.1.4 *Métadonnées*

Des métadonnées sont transmises conjointement au flux vidéo. Elles contiennent notamment la télémétrie du drone (position, attitude, vitesse, niveau de batterie, etc.) et des métriques vidéo (attitude de la caméra, temps d'exposition, champ de vision, etc.). Elles peuvent être utilisées dans le GSDK Parrot.



## 6 BATTERIE

ANAFI's battery is the most evolved on the light drones' market.

### 6.1 Key Characteristics

- Haute densité
- Gestion intelligente de la puissance
- Mode hivernage
- Recharge intelligente
- Contrôle de qualité

### 6.2 Performance

Battery Performance	
Poids	125 g
Densité	164 Wh/kg
Temps de recharge	90 min (USB-PD)
Type	Haute Densité, Haut Voltage (HD, HV)
Cellules	LiPo 2S
Capacité	2700 mAh 8 V
Chargeur	USB-C Power Delivery Charger
Cycle Life	94 % de capacité après 360 cycles charge/décharge
Température de stockage	-20 °C/40 °C
Température min de décollage	-14 °C (21 min)
Typical take-off temperature	40 °C (25 min)
Maximal take-off temperature	+60 °C (13 min)

### 6.3 Features

#### 6.3.1 "Smart power management" – gestion de puissance intelligente

La batterie est équipée d'une jauge qui contrôle ces paramètres principaux toutes les 250 ms : tension, courant, impédance et température. La batterie déduit l'énergie disponible en croisant ces paramètres avec ses données historiques et son « état de santé » (exprimé en pourcentage de sa capacité nominale - 2700 mAh). Ainsi, ANAFI détermine en temps réel l'énergie nécessaire (seuil critique) pour retourner à son point de décollage. ANAFI revient automatiquement à son point de décollage lorsque la batterie atteint ce seuil critique.

#### 6.3.2 "Wintering" – hivernage

Après 10 jours d'inactivité, la batterie bascule automatiquement dans un état de charge optimal pour le stockage (65 % de charge nominale). Ce mode assure la meilleure conservation possible des batteries lorsqu'elles sont stockées : il consiste à supprimer les courants de fuite en isolant les cellules du circuit électronique, pour conserver un niveau de tension minimal (3 V par cellule) pour préserver la qualité de la batterie dans le temps.

#### 6.3.3 Stockage

La batterie peut être stockée pendant 10 mois sans altération en maintenant la tension aux bornes des cellules à un niveau supérieur à la tension de dégradation (3 V).

Conditions de stockage : entre -20 °C et +35 °C avec un degré d'hygrométrie inférieur à 75 %.

#### 6.3.4 "Smart charging" – chargement intelligent

La batterie d'ANAFI se charge facilement et rapidement avec n'importe quel adaptateur USB-C, grâce à son chargeur intégré de 18 W, unique sur le marché. Elle est compatible avec le protocole USB Power Delivery (PD) 3.0. Ce protocole permet une charge rapide en 112 minutes avec un chargeur USB-PD 3.0 (profils 5 V, 9 V, 12 V).

Conditions de recharge : entre -10 °C et +45 °C avec un degré d'hygrométrie inférieur à 75 %.

### 6.3.5 Interface USB-C « OTG » (*on-the-go*)

Le port USB-C de la batterie peut fournir de l'électricité à un périphérique externe comme une clef 4G, un détecteur de CO<sup>2</sup> ou tout type de carte électronique connectée par USB.

### 6.3.6 "Powerbank" – réserve d'énergie

La batterie peut être utilisée comme chargeur pour tous types d'appareils électroniques portables (smartphones, tablettes, etc.).

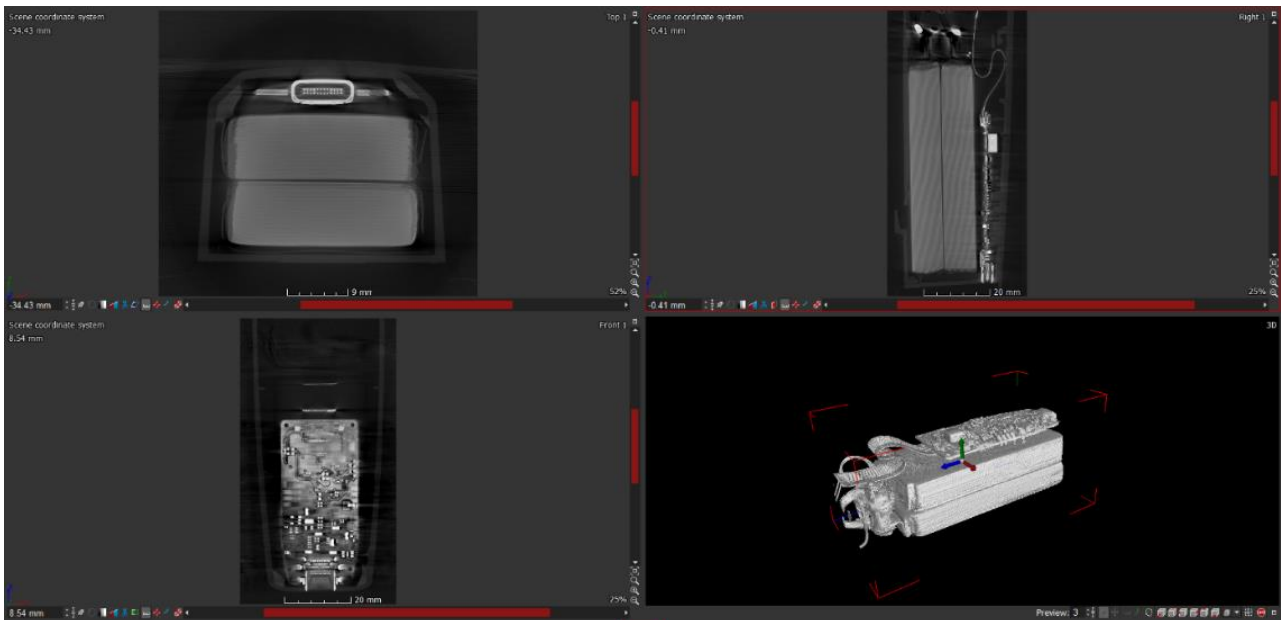
### 6.3.7 Indicateur de charge

Les quatre diodes de la batterie indiquent son niveau de charge dans les situations suivantes :

- quand la batterie est en charge ;
- quand son bouton est activé ;
- quand elle est installée sur un drone ANAFI sous tension.

Le niveau de charge est une image de l'énergie restante en pourcentage de l'énergie totale que la batterie peut stocker.

**Fig. 13** – Images aux rayons X de la batterie d'ANAFI



## 6.4 Qualité

- Parrot est certifié ISO9001.
- Les batteries Parrot sont certifiées CE et FCC.
- Contrôle Qualité : Parrot a mis en place un contrôle qualité renforcé de la production des batteries (audit fournisseur, contrôles IQC) et des bancs de test à chaque étape d'assemblage chez le fournisseur.
- Contrôle lors de la fabrication : Parrot effectue également des contrôles en usine. Toutes les batteries sont contrôlées sur banc, dès la production. Ce test consiste à vérifier les paramètres principaux : tension, courant, impédance et les fonctions « *smart battery* » et « *wintering mode* ».
- Parrot réalise, par prélèvement, des contrôles rayons X et tomographie, pour vérifier la qualité des cellules (pliage, assemblage et connectique).
- Contrôle en stockage : l'état des batteries (niveau de charge) stockées par Parrot est contrôlé tous les 4 mois.

- "*Firmware update*" : le micrologiciel des batteries est mis-à-jour « over the air » pour leur permettre de disposer des plus récentes améliorations et corrections de bugs.
- Le "*wintering mode*" évite la dégradation de la batterie et réduit considérablement les risques d'accident en stockage.
- Freeflight 6 informe l'utilisateur en cas de défaut.