

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL
SÉRIE SCIENTIFIQUE
ÉPREUVE ORALE DE CONTRÔLE
DE SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Session 2016

Durée de l'épreuve : 1 heure

Coefficient 6 pour les candidats ayant
choisi un enseignement de spécialité
autre que sciences de l'ingénieur

Coefficient 8 pour les candidats ayant
choisi l'enseignement de sciences de
l'ingénieur comme enseignement de
spécialité

Aucun document autorisé.

Calculatrice autorisée, conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

GIMBAL ZENMUSE H3-3D



I. Présentation du système et problématique technique	2
I.A. Mise en situation	2
I.B. Présentation de la Gimbal Zenmuse H3-3D	2
I.C. Problématique technique	3
II. Analyse du système	3
III. Vérification des performances	3
III.A. Vérification de l'autonomie	3
III.B. Vérification de la résistance	4
III.C. Vérification de la stabilité	5
IV. Synthèse	5
Document technique 1 : Présentation de la Gimbal Zenmuse H3-3D	6
Document technique 2 : Etude de résistance des matériaux	7
Document technique 3 : Etude expérimentale de la stabilité	8

I. PRÉSENTATION DU SYSTÈME ET PROBLÉMATIQUE TECHNIQUE

I.A. MISE EN SITUATION

De nos jours, l'utilisation de drones pour la capture de photos ou de vidéos aériennes s'est beaucoup développée, notamment dans des domaines comme :

- ✓ tournage cinéma et production TV,
- ✓ spot publicitaire,
- ✓ promotion du patrimoine : naturel, architectural en intérieur et extérieur,
- ✓ tourisme : mise en valeur de site, de ville, de bâtiment exceptionnel,
- ✓ industrie et BTP : survol de chantier intérieur et extérieur, vue d'ensemble pour aménagement urbain...



Caméra stabilisée horizontalement

Drone incliné en mouvement

Une **nacelle gyroscopique** ou **GIMBAL** permet de stabiliser la caméra afin d'obtenir des captures de photos ou de vidéos de bonnes qualités.

Q1. Visionner la vidéo 1 à l'aide du logiciel VLC.

I.B. PRÉSENTATION DE LA GIMBAL ZENMUSE H3-3D

La société DJI commercialise en option la **GIMBAL** (nacelle gyroscopique) Zenmuse H3-3D pour stabiliser la caméra d'action (Action Cam) GoPro Hero 3 et 3+ sur son drone Phantom 2.

Cette nacelle permet de stabiliser la caméra selon 3 axes même lorsque le drone s'incline pour se déplacer : l'axe de lacet (ou YAW), l'axe de roulis (ou ROLL) et l'axe de tangage (ou PITCH).



I.C. PROBLÉMATIQUE TECHNIQUE

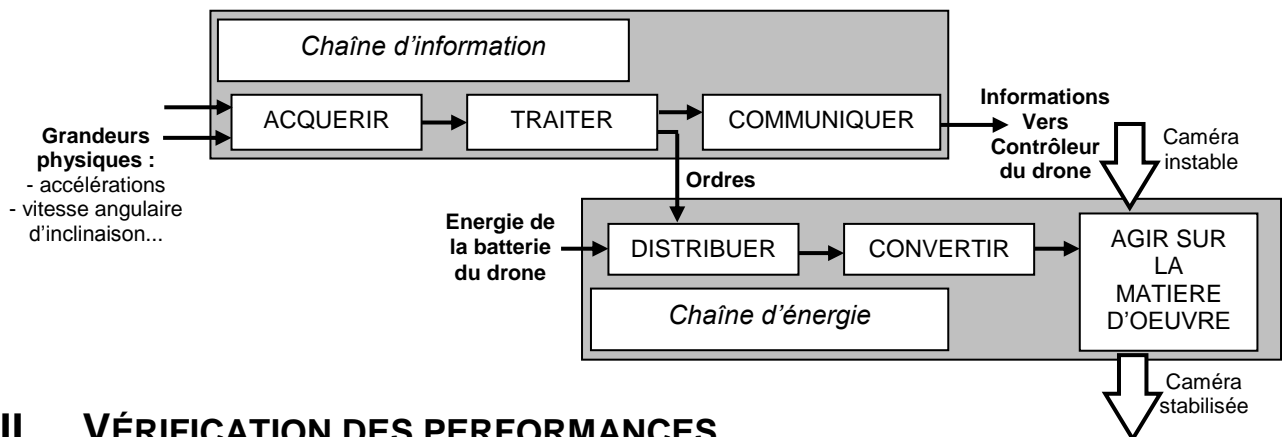
Un cinéaste amateur désire réaliser plusieurs prises de vue de bonnes qualités d'une durée maximale de 20 minutes chacune, pour mettre en valeur un site du patrimoine local. Il sera donc amené à monter et démonter plusieurs fois la caméra de son support.

En conséquence, on désire vérifier :

- ✓ que l'autonomie du drone Phantom 2 équipé de la nacelle Zenmuse H3-3D et d'une caméra GoPro Hero 3+ est supérieure à 20 minutes,
- ✓ que la nacelle soit capable de résister aux efforts liés aux montages et démontages répétés,
- ✓ que la stabilité de la caméra soit suffisante.

II. ANALYSE DU SYSTÈME

Q2. A l'aide du document technique 1, présenter les chaînes d'énergie et d'information de la Gimbal, en précisant notamment les solutions techniques utilisées pour les fonctions Distribuer, Convertir, Acquérir, Traiter et Communiquer.



III. VÉRIFICATION DES PERFORMANCES

III.A. VÉRIFICATION DE L'AUTONOMIE

On souhaite vérifier que la consommation supplémentaire due à la Gimbal permet une autonomie de 20 minutes au minimum pour l'ensemble Drone + Gimbal. La batterie du drone Phantom 2 est une LiPo-3S de capacité 5200 mA.h et de tension nominale 11,1 V.

Matériel	Masse	Intensité absorbée
Drone Phantom 2	1000 g	- électronique interne : 0,5 A, - motorisation des hélices (en fonction de la masse soulevée) : $9,5 \text{ A.kg}^{-1}$.
Gimbal Zenmuse H3-3D	168 g	0,6 A (électronique + moteurs).
Caméra Gopro Hero 3+	150 g	Ne pas prendre en compte (batterie interne à la caméra).

Q3. Décrire la méthode permettant d'évaluer l'autonomie du drone équipé de la Gimbal et de sa caméra, à partir des données fournies dans le tableau ci-dessus. Calculer cette autonomie et vérifier qu'elle est cohérente avec le besoin en calculant l'écart correspondant en %.

III.B. VÉRIFICATION DE LA RÉSISTANCE

Lors de la conception de la structure, différents matériaux ont été envisagés. Etant donné les conditions de fonctionnement, le matériau utilisé doit :

- avoir l'indice de performance $M_1 = 1000 \frac{R_m^{2/3}}{\rho}$ le plus élevé possible pour garantir une résistance élevée et une masse faible,
- avoir l'indice de performance $M_2 = 100 \frac{E^{1/2}}{\rho}$ le plus élevé possible pour garantir une rigidité élevée et une masse faible.

Matériau	Module d'élasticité E	Limite élastique R_e	Limite de rupture R_m	Masse volumique ρ	Indice M_1	Indice M_2
Plastique PVC	2410 MPa	/	40,7 MPa	1300 kg.m ⁻³	9,1	3,8
Alliage d'aluminium 2017 A	72500 MPa	260 MPa	380 MPa	2790 kg.m ⁻³	18,8	9,7
Acier inoxydable X6CrNiTi18-10	190000 MPa	465 MPa	600 MPa	7800 kg.m ⁻³	9,1	5,6

Q4. Justifier le choix de l'alliage d'aluminium 2017 A pour réaliser la structure de la nacelle.

On souhaite vérifier que la structure de la Gimbal soit capable de résister aux efforts exercés par l'utilisateur lors du montage de la caméra.

Il faut également garantir un comportement de la structure dans le domaine élastique, pour qu'elle puisse retrouver ses dimensions après disparition des efforts.

Le document technique 2 présente la modélisation retenue avec un logiciel de simulation de résistance des matériaux, et les résultats correspondants pour la pièce la plus sollicitée, qui est le bras de roulis.

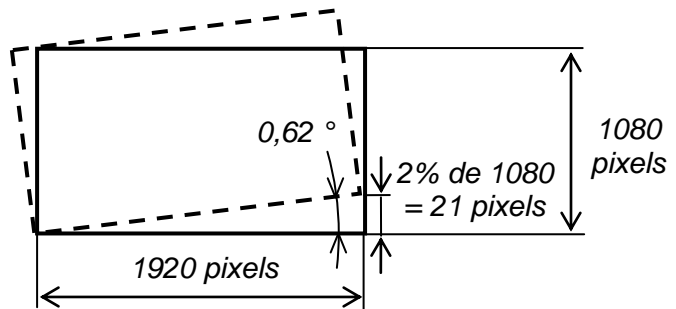
Q5. Justifier la position de la zone la plus sollicitée de la pièce, puis calculer le coefficient de sécurité de la pièce vis-à-vis de l'élasticité, et justifier sa valeur.

III.C. VÉRIFICATION DE LA STABILITÉ

La caméra filme en résolution 1920x1080 pixels à 30 images par seconde.

Pour que la qualité de la vidéo soit suffisante pour le cinéaste amateur, une erreur de $\pm 2\%$ de la définition verticale de l'image est autorisée.

Cela se traduit par une inclinaison autorisée de la caméra par rapport à l'horizontale de $\pm 0,62^\circ$.



Pour évaluer la stabilité de la caméra 1, on fixe à l'arrière du drone une caméra 2 pour filmer le mouvement de la caméra 1 par rapport au drone.

Les vidéos obtenues sont ensuite analysées avec un logiciel de traitement vidéo, qui permet de récupérer automatiquement la position des points A, B, C et D de la vidéo en fonction du temps et d'en déduire les angles 1 et 2 (voir document technique 3).



Q6. Visionner la vidéo 2 à l'aide du logiciel VLC (vidéo de 3 s qui a permis de réaliser l'acquisition de la position des points).

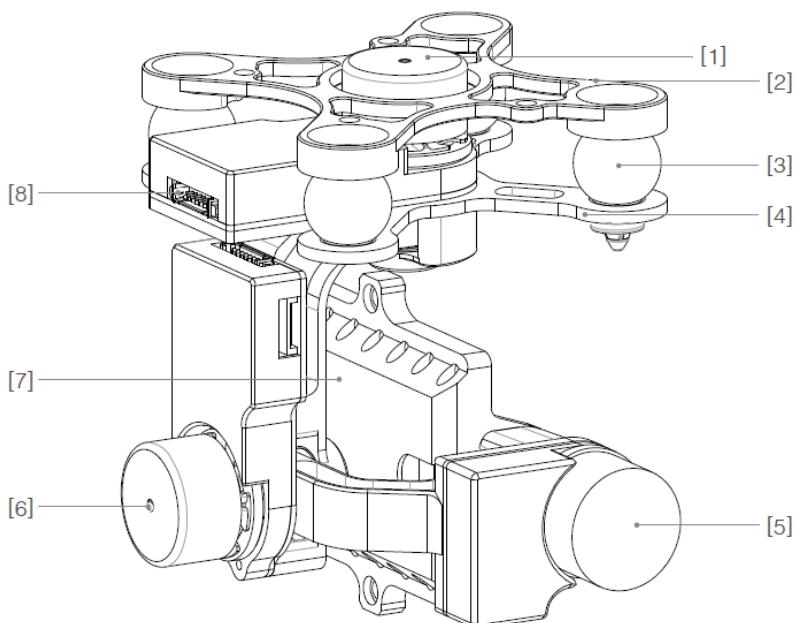
Q7. Après lecture du document technique 3, montrer l'intérêt du système de stabilisation à partir des courbes obtenues. Compte tenu de la précision du traitement vidéo, vérifier que la stabilité est suffisante. Calculer l'écart en % entre l'inclinaison maximale attendue et l'inclinaison maximale mesurée.

Q8. Proposer une solution pour améliorer la précision du traitement vidéo du logiciel d'analyse.

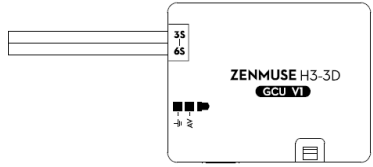
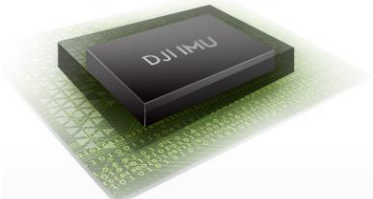
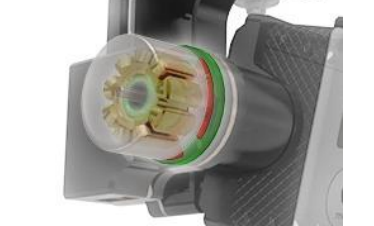
IV. SYNTHÈSE

Q9. Résumer en quelques phrases, convenablement construites et argumentées, en quoi la Gimbal Zenmuse H3-3D permet de remplir le besoin du cinéaste amateur.

DOCUMENT TECHNIQUE 1 : PRÉSENTATION DE LA GIMBAL ZENMUSE H3-3D

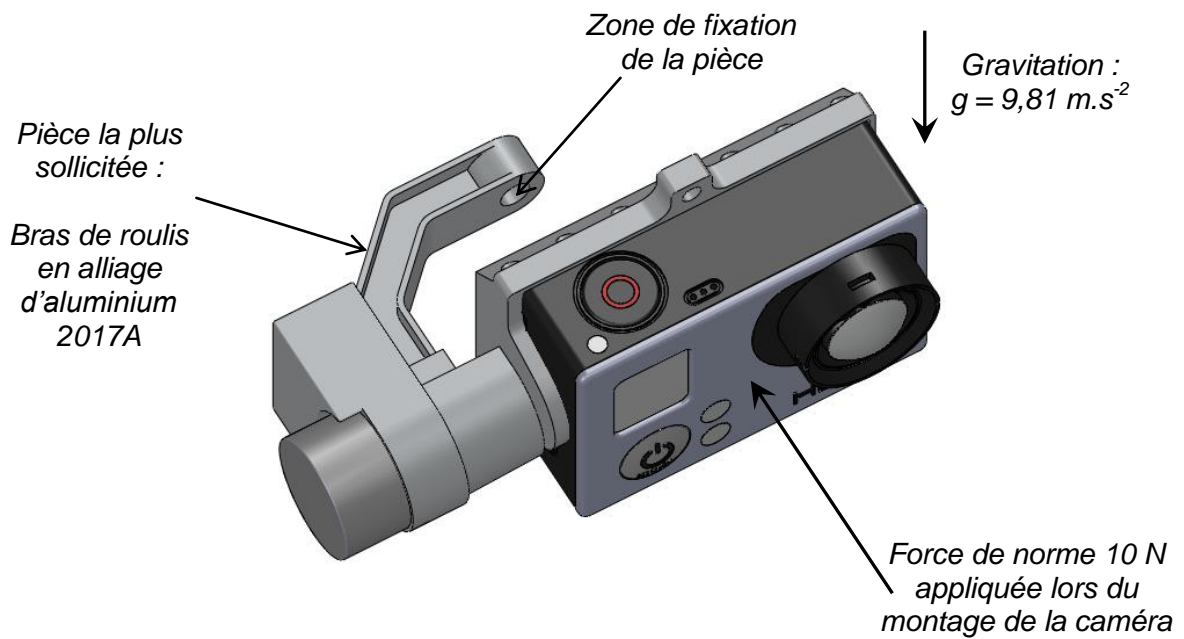


[1]	Moteur brushless de lacet
[2]	Support drone
[3]	Amortisseur
[4]	Support nacelle
[5]	Moteur brushless de tangage
[6]	Moteur brushless de roulis
[7]	Support caméra contenant l'IMU (Unité de Mesure Inertielle)
[8]	Connecteur du contrôleur GCU (Unité de Contrôle de la Gimbal)

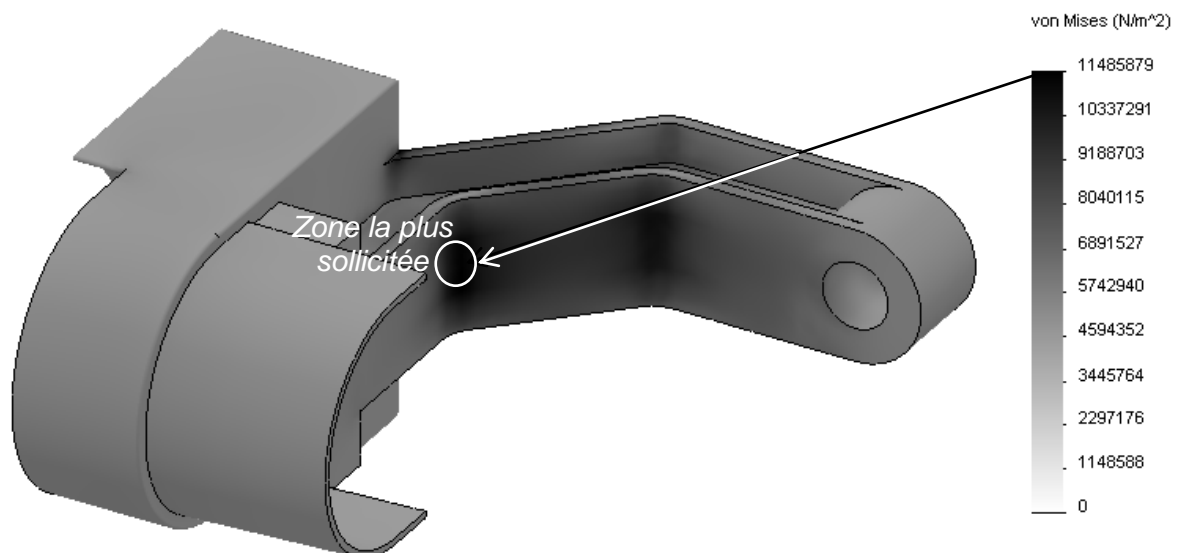
<p>Unité de Contrôle de la Gimbal (GCU)</p>		<p>Le GCU est connecté au contrôleur du drone par un bus CAN. Il permet d'asservir la position des 3 moteurs en fonction des informations de l'IMU. Il permet également de distribuer l'énergie de la batterie du drone aux équipements de la nacelle.</p>
<p>Unité de Mesure Inertielle (IMU)</p>		<p>Boîtier monté dans le support de caméra contenant différents capteurs (accéléromètres, gyroscopes...).</p>
<p>Moteur Brushless</p>		<p>Moteur sans balais permettant un positionnement précis.</p>

DOCUMENT TECHNIQUE 2 : ÉTUDE DE RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

Modélisation du chargement du bras de roulis :



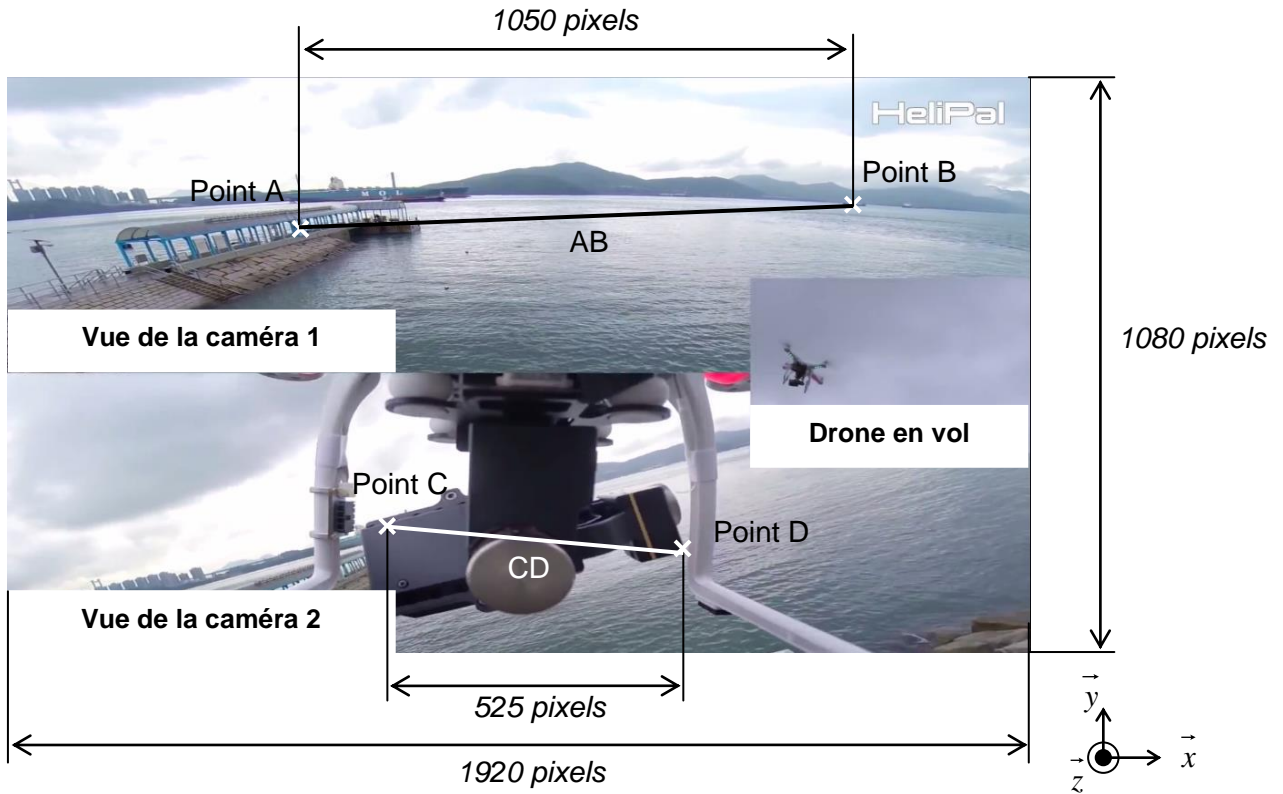
Résultats de la simulation du comportement du bras de roulis :



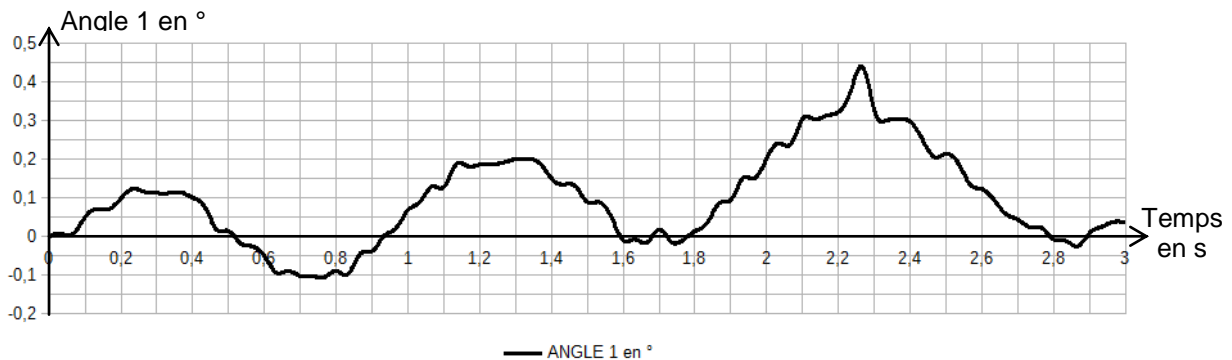
La contrainte de Von Mises est une contrainte équivalente qui tient compte de toutes les sollicitations subies par la pièce (traction, compression, cisaillement, flexion, torsion...), et que l'on peut comparer à la limite élastique ou à la limite de rupture suivant le cas pour vérifier la résistance mécanique de la pièce.

DOCUMENT TECHNIQUE 3 : ETUDE EXPERIMENTALE DE LA STABILITE

Traitement de la vidéo obtenue (filmée en 1080p à 30 images par seconde) :



L'angle 1 est calculé à partir de l'inclinaison du segment AB. Il représente la rotation de la caméra 1 par rapport au sol (avec une précision du traitement vidéo de $\pm 0,05^\circ$ car AB correspond à 1050 pixels).



L'angle 2 est calculé à partir de l'inclinaison du segment CD. Il représente la rotation de la caméra 1 par rapport à la caméra 2 (avec une précision du traitement vidéo de $\pm 0,1^\circ$ car AB correspond à 525 pixels).

