

Nacelle gyro-stabilisée

1/13

Q1: • Avantages liés à l'utilisation d'un multicoptère pour la prise de vue aérienne.

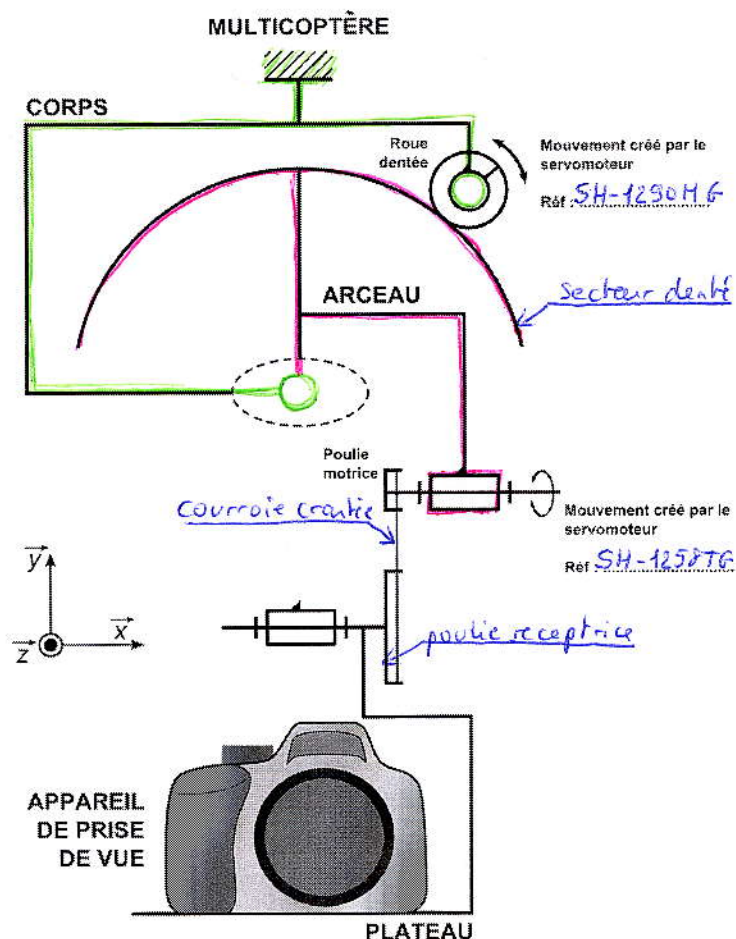
Un multicoptère est plus rapide et moins cher à mettre en œuvre qu'un avion ou un hélicoptère.

Il peut voler à basse altitude ce qui permet des prises de vue originales.

Il est très maniable par rapport à un ballon captif.

Il respecte l'environnement.

Q2: Sur le schéma cinématique, indiquer la ref des servomoteurs
 repères: secteur denté, poulie
 réceptrice, courroie crantée.

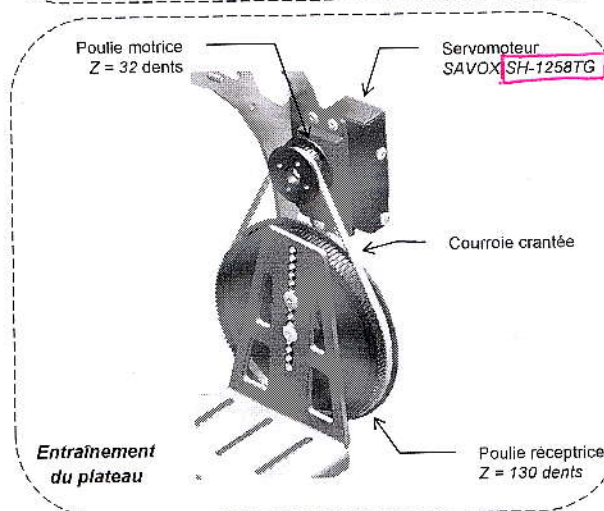
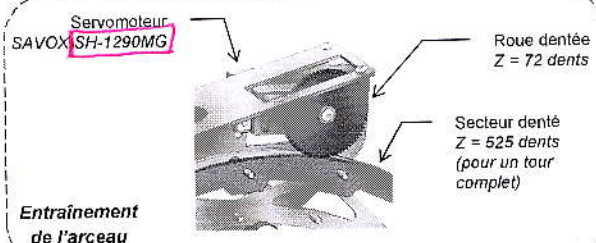
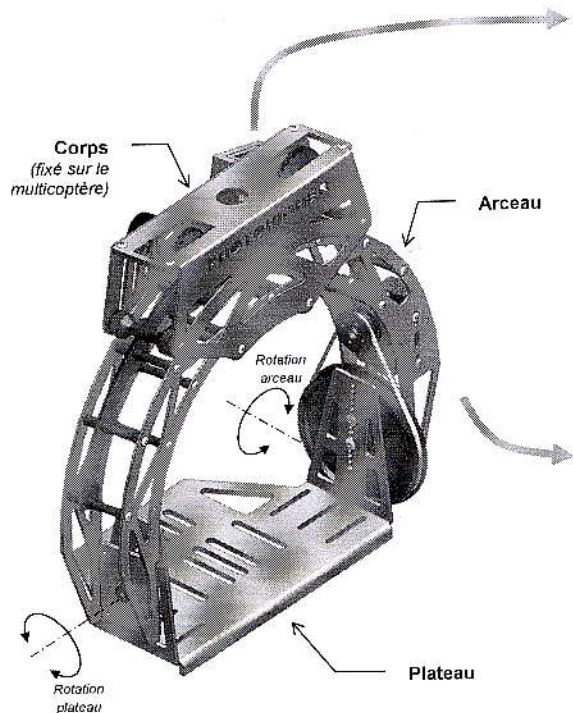


Q3: nature du mot de l'arceau par rapport au corps
 ou nom + axe de la liaison.

Mvt arceau/corps : mot de rotation
 autour de l'axe $\vec{z}$

Liaison arceau/corps : pivot
 d'axe $\vec{z}$

Q4: tracer la liaison sur le
 schéma cinématique.



Q5: Déterminer les valeurs extrêmes des angles atteints par le multicoptère.

3/3

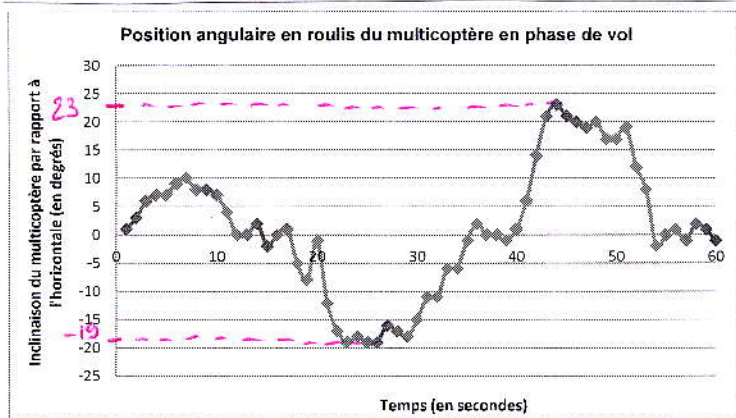


Figure 4 : relevé de la position angulaire en roulis du multicoptère en fonction du temps

les valeurs extrêmes des angles sont :

$$+23^\circ$$

$$-19^\circ$$

soit une amplitude angulaire de $(23 + 19) = 42^\circ$.

Q6:
• Angles d'inclinaison possibles de l'arcéon
• Conclusion

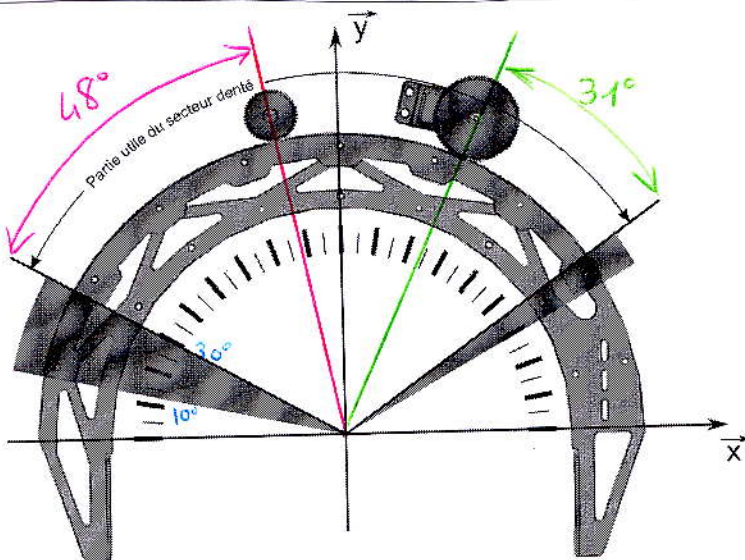


Figure 5 : limites du secteur denté

Angles d'inclinaison possibles :

$$+31^\circ$$

$$-48^\circ$$

soit une amplitude angulaire de $(31 + 48) = 79^\circ$

Conclusion: ces angles permettent à la nacelle de compenser les mouvements relevés en phase de vol car :

$$31^\circ > 23^\circ \quad \text{et} \quad 48^\circ > 19^\circ$$

Q7: Justifier qu'un servomoteur est un système asservi

4/13

Document technique DT3

Servomoteurs

Un servomoteur est un système électromécanique, asservi en position, servant à actionner les parties mobiles d'un modèle-réduit, et répondant à une commande externe de type MLI (modulation à longueur d'impulsion) généralement transmise par une radiocommande. C'est la largeur de ces impulsions, générées périodiquement, qui détermine la position angulaire de l'axe de sortie (figure 1).

L'amplitude angulaire d'un servomoteur varie généralement de 90° à 180° (pour une largeur d'impulsion qui varie entre 1 ms et 2 ms) et dépend du modèle utilisé.

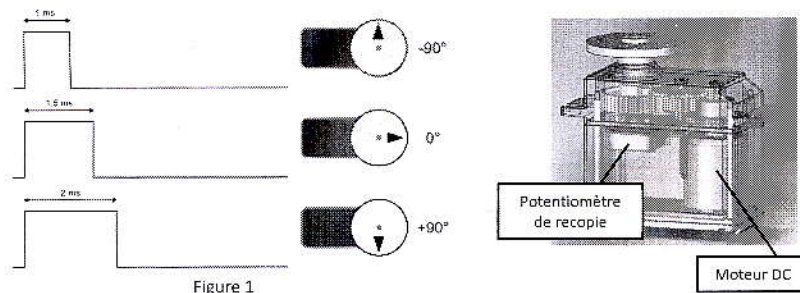
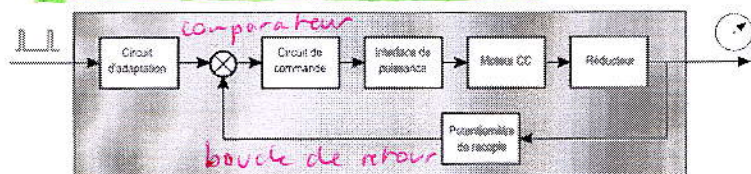


Figure 1

Un servomoteur est constitué notamment d'un moteur électrique à courant continu, d'un réducteur à engrenages, d'un potentiomètre de recopie monté sur l'axe de sortie du servomoteur et d'une carte électronique qui interprète le signal d'entrée et commande le moteur jusqu'à ce que la position angulaire voulue soit atteinte.



Caractéristiques des servomoteurs utilisés dans la nacelle AV200.

Attention, la vitesse est exprimée par la durée nécessaire au servomoteur pour effectuer une rotation de 60° .

SH-1290 MG	Tension	Vitesse sec/60°	Couple N.m
	4.8V	0.06	0.4
	6.0V	0.05	0.5
Amplitude angulaire			
100° (1ms → 2ms)			
Dimensions (mm)		Poids (g)	
40.3 * 20.2 * 37.2		56.4	

SH-1258 TG	Tension	Vitesse sec/60°	Couple N.m
	4.8V	0.10	0.94
	6.0V	0.08	1.18
Amplitude angulaire			
100° (1ms → 2ms)			
Dimensions (mm)		Poids (g)	
40.3 * 20.2 * 37.2		52.4	

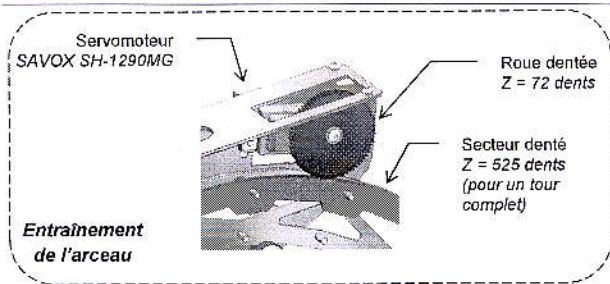
Pour qu'un système soit asservi, il faut qu'il ait une boucle de retour.

Le servomoteur est asservi en position grâce à un potentiomètre de recopie qui transmet un signal image de l'angle atteint à la carte électronique qui compare cette valeur au signal d'entrée et agit en conséquence.

Q8: Calculer le rapport de transmission entre la roue et le secteur denté.

5/13

Calculer le nombre de tours de l'axe du servo-moteur pour une rotation de 60° de l'arceau.



Rapport de transmission:

$$R = \frac{\text{Nb de dents roue menante}}{\text{Nb de dents roue menée}}$$

$$R = \frac{72}{525} \approx 0,137$$

Secteur denté: $Z = 525$ dents pour 1 tour donc pour 60° ($1/6$ de tour) $Z = \frac{525}{6} = 87,5$ dents

Nb de tours de la roue dentée = $\frac{87,5}{72} = 1,21$ tour.

Q9: Calculer ω_{servo} (en $^\circ/\text{s}$)

Reporter le résultat sur le DR2

Caractéristiques des servomoteurs utilisés dans la nacelle AV200.

Attention, la vitesse est exprimée par la durée nécessaire au servomoteur pour effectuer une rotation de 60° .

SH-1290 MG	Tension	Vitesse sec/60°	Couple N
	4.8V	0.08	1.4
	6.0V	0.05	0.5
	Amplitude angulaire		
	100° (1ms → 2ms)		
	Dimensions (mm)		
	40.3 * 20.2 * 37.2		
	Poids (g)		
	56.4		

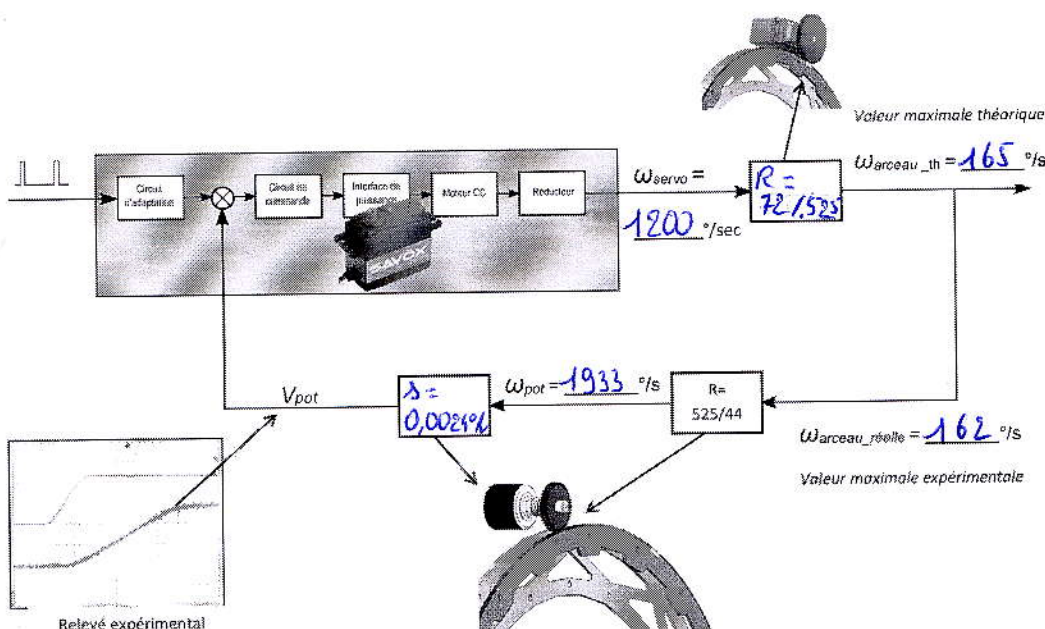
SH-1258 TG	Tension	Vitesse sec/60°	Couple N.m
	4.8V	0.10	0.94
	6.0V	0.08	1.18
	Amplitude angulaire		
	100° (1ms → 2ms)		
	Dimensions (mm)		
	40.3 * 20.2 * 37.2		
	Poids (g)		
	52.4		

$$\omega_{\text{servo}} = 0,05 \text{ s}/60^\circ$$

$$= \frac{60}{0,05} = 1200^\circ/\text{s}$$

Q10: Placer le rapport de transmission R sur le DT2

Modèle multiphysique de l'arceau de la nacelle gyrostabilisée



Q11: Calculer $\omega_{arceau-th}$ (en $^\circ/s$)

6/13

Comparer avec la valeur du cahier des charges

$$R = \frac{\omega_{sortie}}{\omega_{entree}} = \frac{\omega_{arceau-th}}{\omega_{servo}} \quad \text{donc } \omega_{arceau-th} = R \times \omega_{servo}$$

$$= \frac{72}{525} \times 1200$$

$$= 165^\circ/s$$

Conclusion:

extrait du cahier des charges (page 10/23)

L'étude suivante va permettre de compléter ce modèle et de vérifier les performances de la nacelle en terme de vitesse d'inclinaison. En effet, lors des phases de vol et notamment lors d'un changement rapide de direction, la vitesse angulaire d'inclinaison en roulis du multicoptère peut atteindre les $120^\circ/s$ et doit pouvoir être compensée par la nacelle.

Le cahier des charges indique que la nacelle doit pouvoir compenser une vitesse angulaire de $120^\circ/s$

or nous trouvons une vitesse maximale de $165^\circ/s$

donc ce critère du cahier des charges est valide.

Q12: Calculer la sensibilité (en $V/^\circ$) du potentiomètre
Compléter le DR2

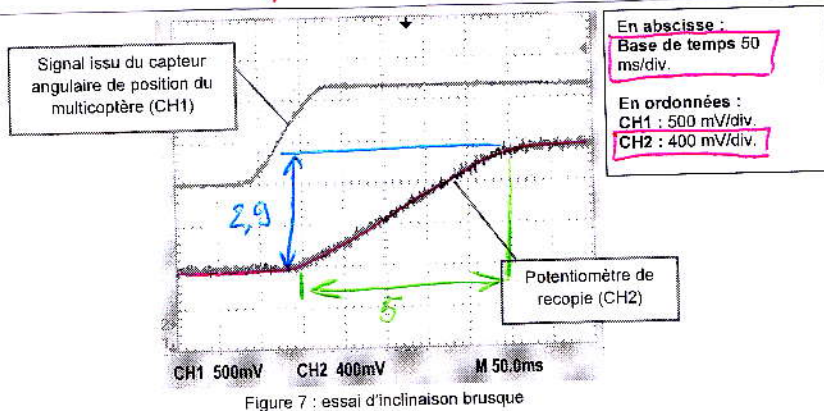
Le potentiomètre de recopie est alimenté sous une tension continue de 2,6 V. La tension en sortie du potentiomètre peut donc prendre toutes les valeurs entre 0 et 2,6 V en fonction de sa position angulaire (rappel : potentiomètre 3 tours).

$$\text{Sensibilité} = \frac{\text{tension Maxi} - \text{tension mini}}{\text{angle Maxi}}$$

$$= \frac{2,6 - 0}{3 \times 360} = 0,0024 V/^\circ$$

Q13: Vitesse angulaire maximale ω_{pot} (en $^\circ/s$)

Compléter le DR2



Analyse de la voie 2

$$\Delta U = 2,9 \times 400 = 1160 mV$$

$$\Delta t = 5 \times 0,05 = 0,25 s$$

$$\Delta = 0,0024 V/^\circ$$

$$\Delta \theta = \frac{\Delta U}{\Delta} = \frac{1,16}{0,0024} = 483^\circ$$

$$\omega_{pot} = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{483}{0,25} = 1933^\circ/s$$

Q14: o Calculer $\omega_{\text{accél}} - \text{relle}$ (en $^\circ/\text{s}$)

7/13

o Reporter le résultat sur DR2

o Comparer avec la valeur théorique.

$$R = \frac{\omega_{\text{sortie}}}{\omega_{\text{entrée}}} = \frac{\omega_{\text{pot}}}{\omega_{\text{accél}}} \quad \text{donc} \quad \omega_{\text{accél}} = \frac{\omega_{\text{pot}}}{R}$$
$$= 1933 \times \frac{44}{525}$$
$$= 162^\circ/\text{s}$$

la vitesse maximale théorique est $165^\circ/\text{s}$

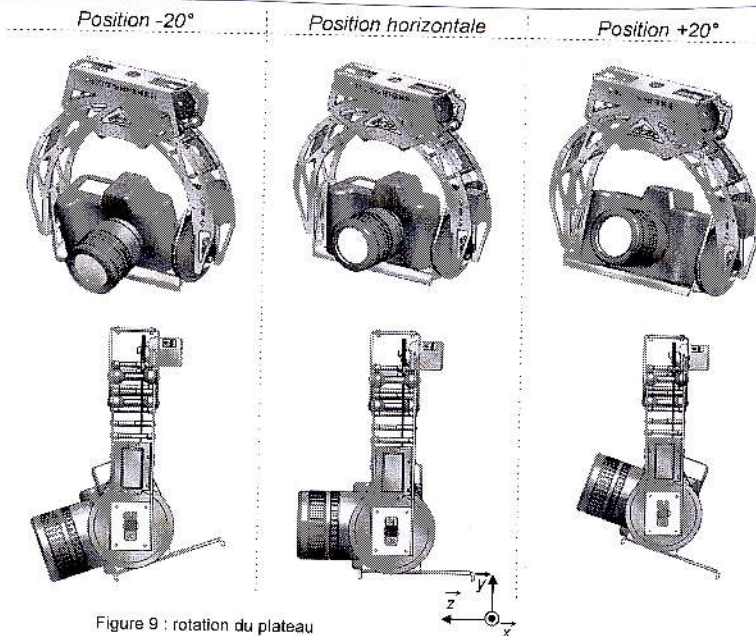
" " " expérimentale " $162^\circ/\text{s}$

soit un écart relatif de: $\varepsilon = \frac{165 - 162}{165} = 0,018$

L'écart est de 1,8% entre la vitesse théorique et la vitesse expérimentale. Le potentiomètre de copie a donc un comportement très proche de son modèle théorique.

Q15: Justifier le mouvement de tangage.

8/13

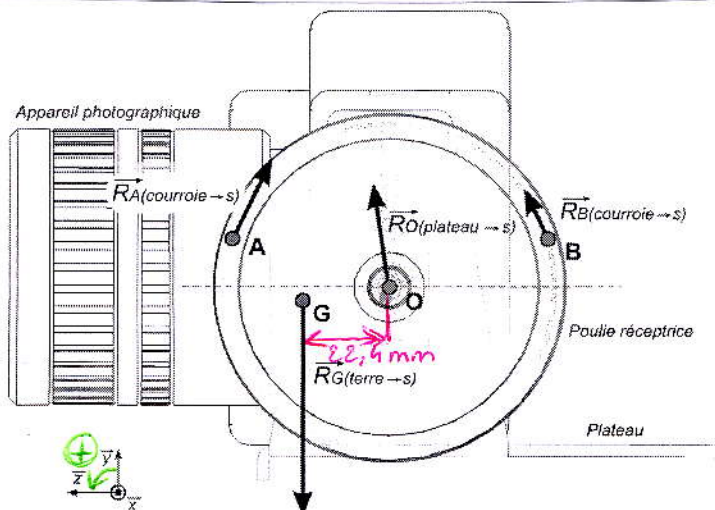


le mouvement de tangage est nécessaire pour 2 raisons :

- pour se déplacer en translation, le drone s'incline, il faut donc pouvoir maintenir l'appareil à l'horizontale
- pour réaliser des vues aériennes intéressantes, il est nécessaire de pouvoir faire varier l'inclinaison de l'appareil photo.

Q16: Écrire l'équation d'équilibre des moments en O

o En déduire le moment en O de l'action de la courroie sur S



A l'équilibre, le Principe Fondamental de la Dynamique donne :

$$\vec{M}_O(\text{plateau} \rightarrow s) + \vec{M}_O(\text{terre} \rightarrow s) + \vec{M}_O(\text{courroie} \rightarrow s) = \vec{0}$$

en projection sur $\vec{x}$:

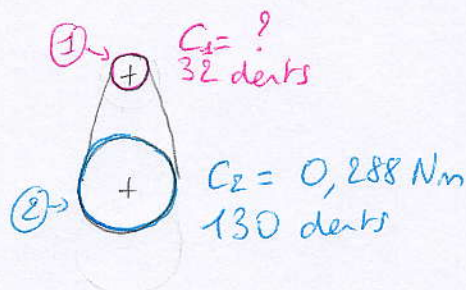
$$0 + 12 \times 0,0224 + M_{Ox}(\text{courroie} \rightarrow s) = 0$$

$$\text{donc } M_{Ox}(\text{courroie} \rightarrow s) = -0,2688 \text{ Nm}$$

Q17: Calculer la norme du couple moteur

9/13

Système poulies - courroie:



Hypothèse: le rendement est 1 (η)
(on néglige les frottements)

$$\eta = \frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}} = \frac{P_2}{P_1}$$

or pour un mur de rotation $P = C \cdot \omega$

ω rad/s

$$\eta = \frac{C_2 \times \omega_2}{C_1 \times \omega_1}$$

rapport de réduction $R = \frac{32}{130}$

donc $C_1 = \frac{C_2 \times R}{1} = 0,288 \times \frac{32}{130} = 0,071 \text{ Nm}$
 $= 71 \text{ m Nm}$

Q18: o Relever la valeur du couple en position horizontale
o Comparer et déterminer l'écart relatif

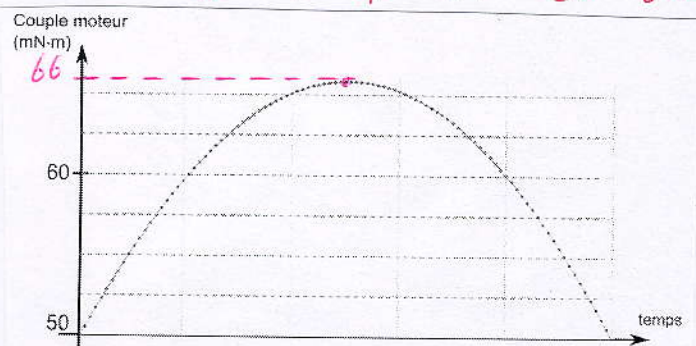


Figure 11 : couple moteur C_m au cours d'un mouvement d'inclinaison

le logiciel indique une valeur de couple maxi de 66 m Nm

Nos calculs nous donnent une valeur de couple de 71 m Nm

Ecart relatif: $E = \frac{71 - 66}{71} = 0,07$

Il y a donc un écart de 7% entre les deux valeurs.

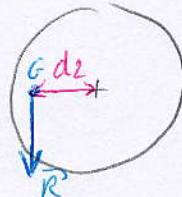
Cet écart peut être lié au fait d'avoir, par hypothèse, négligé les frottements à la question 17.

Q19: Expliquer à l'aide d'un croquis pourquoi
Cm augmente puis diminue.

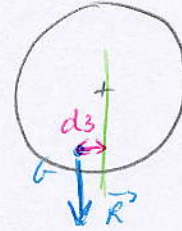
10/13

$$\text{Couple} = \text{Force} \times \text{bras de levier}$$

↳ $\perp$ au support de la force.



position horizontale
de l'appareil



C'est lorsque l'appareil est en position horizontale
que le bras de levier est le plus grand donc que
le couple est le plus grand.

Q20: Comparer la courbe du couple et les caractéristiques
du servomoteur (DT3).

Conclusion.

Servomoteur SH-1258TG
Tension : 6V
Couple 1,18 Nm

DT3

le servomoteur peut fournir un couple de 1,18 Nm or
nous avons besoin, au maximum, d'un couple de 0,066 Nm
donc ce servomoteur convient.

Q21: Vérifier que le plateau est correctement dimensionné.

11/13

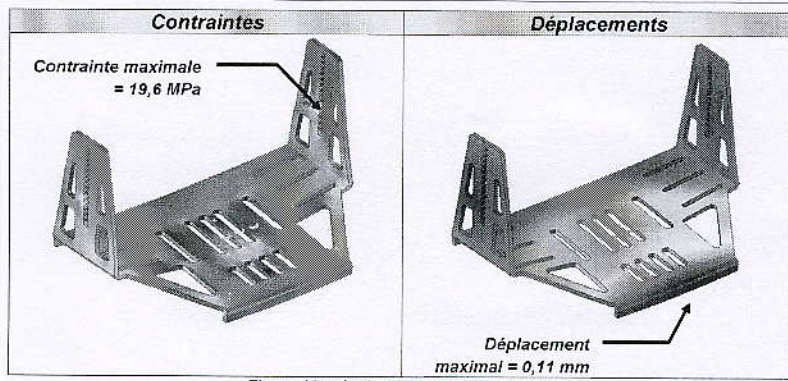


Figure 12 : résultats issus de simulations

1^{er} critère : le déplacement ne doit pas dépasser 0,5 mm or le déplacement maximal est de 0,11 mm donc ce critère est valide.

2^{ème} critère : le facteur de sécurité doit être au minimum de 2,5.

donc
$$\sigma_{\max} = \frac{R_e}{s} = \frac{100}{2,5} = 40 \text{ MPa}$$

or la contrainte maximale est de 19,6 MPa donc ce critère est valide.

Q22: Synthèse des résultats contenus dans le tableau

le plastique ne convient pas car le déplacement maximal (critère n°1) est alors dépassé. aussi que le critère n°2 l'acier ne convient pas car le critère n°1 est dépassé.

Seul l'aluminium vérifie les 2 critères et la diminution de l'épaisseur permet une diminution de la masse conséquente (-33%)

Q23: Compléter l'algorithme principal

12/13

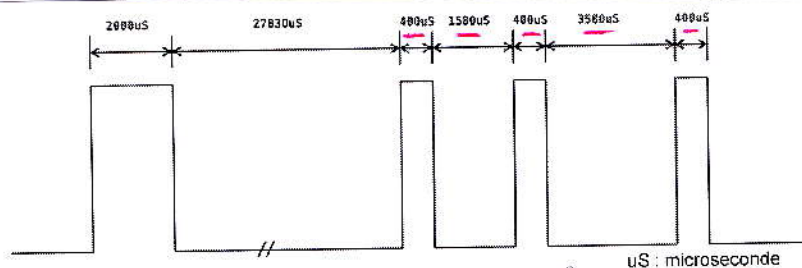
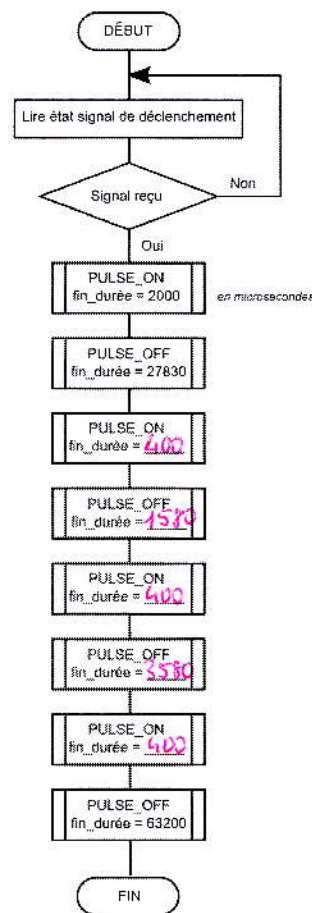


Figure 13 : trame de déclenchement Nikon®

Programme principal



Q24: Compléter l'algorithme du sous-programme PULSE_ON

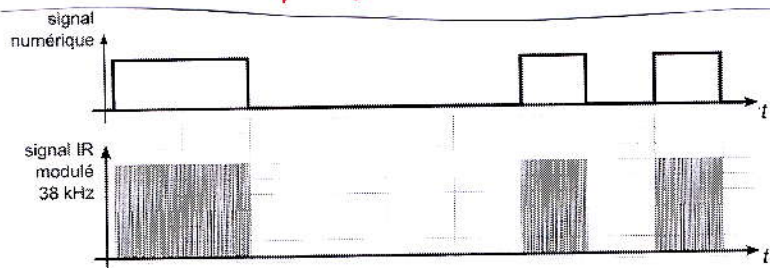


Figure 14 : modulation du signal infrarouge

Le signal est modulé à 38 kHz.

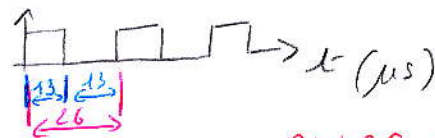
Il faut trouver la période

$$f = 38\,000\text{ Hz} \quad \text{or} \quad p = \frac{1}{f}$$

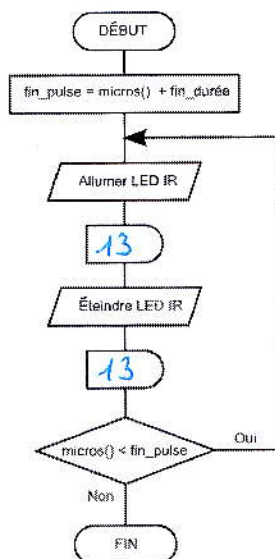
$$p = \frac{1}{38\,000}$$

$$p = 26 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 26 \mu\text{s}$$

Hypothèse: pour que la diode clignote, on va l'allumer et l'éteindre sur la même durée

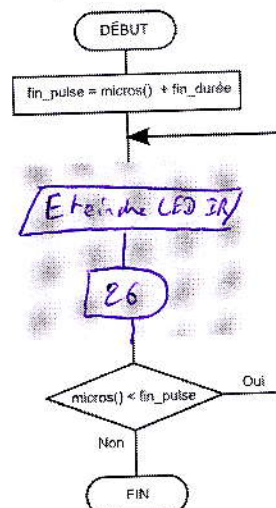


Sous-programme PULSE_ON



la fonction `micros()` retourne une valeur numérique correspondant au temps écoulé (en microsecondes) depuis le début du lancement du programme.

Sous-programme PULSE_OFF



Q25: Compléter le sous-programme PULSE_OFF

Q26: Conclusion

13/13

Critère n°1: compensation des mouvements du multicoptère
l'étude a permis de montrer que les servomoteurs qui permettent la compensation des mouvements sont assez rapides et ont assez de couple.

Critère n°2: adaptation à l'appareil de prise de vue
l'étude a permis de montrer que les contraintes et les déformations du plateau sur lequel on place l'appareil sont acceptables.

Critère n°3: déclenchement à distance de la prise de vue.
l'étude a permis de montrer la faisabilité du déclenchement de l'appareil photo à distance.