
RAPPORT ÉCRIT

Compte rendu de projet
Sujet 1 :

Conception d'un support télescopique pour caméra 360°

Réalisé par

**AUTET Maëva, SUROSNE Lucas, COLLIN Sacha,
BERTRAND Chloé, VOGEL Amélie, LOUSTAU Arthur, LE
COZ Paul-Emile, CZUCKERMAND Jules, MIKUSITHY
Théo et DABOT Pierre**

1A - Groupe 1

—
25 mai 2023

Professeurs encadrants :

Emmanuelle Nigrelli, Nathalie Rivers, Jacques Piazzola et Yves Lacroix

TABLE DES MATIÈRES

I. Introduction.....	3
II. Exigences de la perche.....	4
III. Articulation et dimensionnement de la perche.....	5
1. Dimensionnement.....	5
2. Choix du matériaux.....	7
3. Choix des articulations.....	9
IV. Support caméra/téléphone.....	10
1. Exposition des besoins et motivations.....	10
2. Idées rejetées : support unique.....	10
a. Pièce sur mesure.....	10
b. Réalisation à-partir d'un support existant.....	10
3. Solution retenue : supports séparés.....	11
V. Trépied.....	13
1. Choix d'un trépied existant.....	13
2. Stabilité du trépied.....	13
a. Dans un environnement ferreux.....	14
b. Dans un environnement non ferreux.....	15
3. Matériaux pour le trépied.....	15
VI. Accessoirisation.....	16
1. Exposition des besoins.....	16
2. Lumière.....	16
a. Idée envisagée : lampe programmée avec Arduino.....	16
b. Solution retenue : lampe panoramique.....	16
3. Poignée.....	17
VII. Conclusions et perspectives.....	18
VIII. Bibliographie.....	19
1. Bibliographie du trépied.....	19
2. Bibliographie des matériaux de la perche.....	19
3. Bibliographie du support caméra/téléphone.....	19
4. Bibliographie de la lumière.....	19
IX. Annexes.....	21
1. Annexes Cahier des charges.....	21
2. Annexes du trépied.....	23
3. Annexe des matériaux.....	26
4. Annexe Tableau de bord final.....	28

I. Introduction

ENNOVIA est une entreprise spécialisée en ingénierie de maintenance qui réalise des prises de vues à 360° pour des clients tels que la Marine Nationale. Les prises de vues permettent de faciliter le suivi et la planification des opérations de maintenance, notamment sur les bateaux. Pour cela, le groupe utilise une perche télescopique à support pour caméra panoramique. Le rôle de cette perche est de faciliter les prises de photos dans des lieux difficiles d'accès pour vérifier leur intégrité et permettre aux clients d'avoir facilement accès à l'étendu des dégâts potentiels sur cette zone spécifique.

Actuellement ENNOVIA utilise une perche droite efficace mais relativement peu adaptable aux différents environnements. L'entreprise souhaite un support plus efficace qui répond à des critères de poids, de prix, de taille, de flexibilité et de durabilité afin d'améliorer l'ergonomie et le confort d'utilisation. C'est à ces problèmes que nous avons réfléchi pour trouver une solution adaptée à leur besoin.

Dans un premier temps, nous exposerons clairement les exigences d'ENNOVIA, puis nous étudierons point par point les problèmes posés ainsi que les solutions trouvées, avant de terminer sur un bilan au niveau financier et sur le respect des exigences données.

Abstract :

This project is conducted in cooperation with ENNOVIA, a company which provides 360° imagery for contractors like the French Navy. The aim is to allow their customers to easily follow the progression and necessity of maintenance work by locating defaults on pictures of ships taken before and after long deployments at sea. In order to do this, the company uses a telescopic stick which allows them to take photos of hard-to-reach places with a 360° camera.

However, the company would like a more efficient stick with some specific requirements about weight, length, price, flexibility and durability in order to improve ergonomics and comfort in use. Therefore, we thought about these problems so that we can propose a solution to ENNOVIA's request.

Mots clés :

- Perche articulée
- Perche télescopique
- Caméra 360°
- Portable
- Stabilité
- Légereté

II. Exigences de la perche

Pour ses interventions, ENNOVIA utilise aujourd'hui un modèle de perche de la marque *Ricoh Theta* qui fait état de quelques défauts que nous nous attacherons de compenser sur notre modèle. D'une part, l'enjeu est de pouvoir intégrer un éclairage à la perche afin de pouvoir obtenir un bon rendu photo dans un milieu à faible luminosité. D'autre part, il serait judicieux de donner au système une capacité à se "faufiler" dans des espaces relativement confinés, comme à-travers des conduites ou des tuyauteries. Pour ce faire, une partie de notre travail consistera à imaginer un système d'articulations capable de s'adapter au caractère télescopique de la perche. Les techniciens nous ont également fait part d'un manque de stabilité, particulièrement pour les prises de vues statiques en extérieur sous un vent modéré. Il serait donc judicieux de donner une attention particulière au trépied et à sa capacité à résister aux contraintes extérieures. Le tout doit également respecter un critère de poids afin de garantir le confort de l'opérateur ainsi que d'un critère budgétaire et de durabilité. Ci-dessous, les photos du modèle de perche utilisé actuellement :



Images extraites de ricohtheta.eu

Sur les photos, on se rend aisément compte des contraintes rencontrées par l'opérateur lors de l'utilisation de ce modèle, notamment dans les espaces difficiles d'accès.

Voici donc les exigences formulées par l'entreprise :

- stabilité face au vent (30-40 km/h)
- bonne adhésion de la perche même sur une surface en arc de cercle
- la perche doit contenir des coude
- poids max : 1000 g
- support adapté à tout style de caméra et téléphone portable
- éclairage avec lampe panoramique (attention à ne pas avoir un éclairage trop fort)
- budget : 500-1000 €
- robuste : doit tenir dans le temps

Nous avons répertorié toutes ces contraintes dans un cahier des charges en Annexe [1], en tenant compte de leurs priorités.

Pour répondre à ces critères, nous avons réparti l'étude de la perche sur ses différentes composantes. Les analyses ainsi que les solutions envisagées et retenues sont à trouver dans la suite du compte-rendu.

III. Articulation et dimensionnement de la perche

Dans cette partie, nous porterons notre attention sur les contraintes et les solutions proposées lors du dimensionnement de la perche et de son système d'articulation.

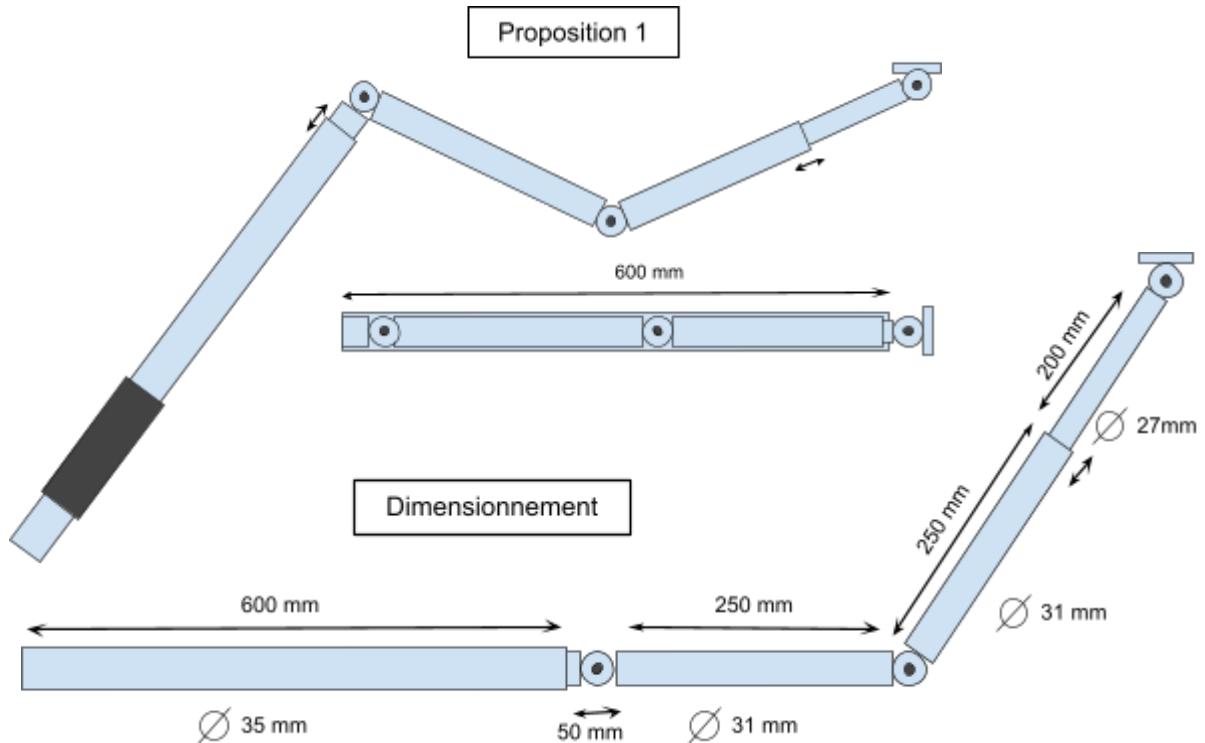
Pour cette partie spécifique, le cahier des charges de l'entreprise ENNOVIA nous impose les critères suivants :

- perche télescopique facile à transporter
- état replié : environ 50 cm
- état déployé : approximativement 150 cm
- possibilité d'articulations pour atteindre les endroits difficiles d'accès.
- doit pouvoir se tenir parfaitement droite pour photo 360°

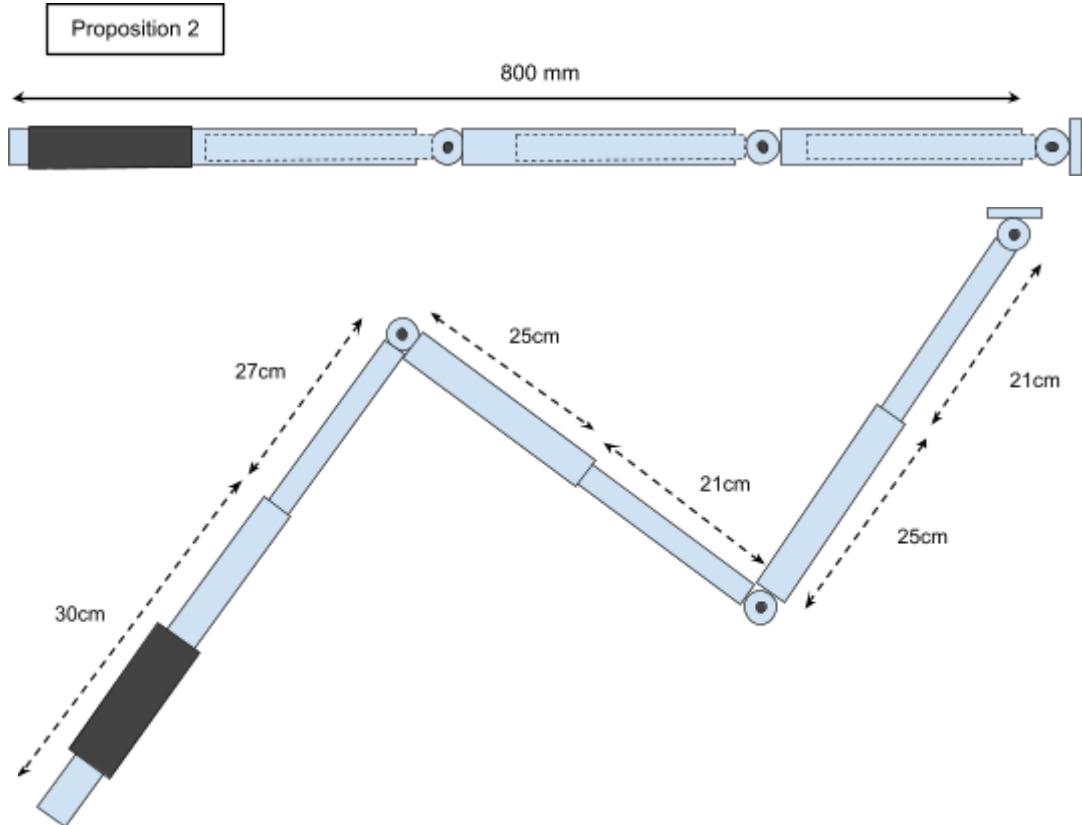
Au premier abord, si le sujet ne semblait pas particulièrement complexe, nous avons vite été rattrapés par une interrogation de taille : comment inclure des articulations suffisamment petites pour qu'elles puissent tenir à l'intérieur d'un tube une fois en position rétractée ? Il faut aussi veiller au nombre et à l'emplacement de ces articulations pour qu'elles aient un maximum d'efficacité et d'utilité sans compromettre la rigidité de la perche.

1. Dimensionnement

Dans un premier temps, il a fallu imaginer différents moyens de faire tenir toutes les articulations et la perche repliée dans un espace réduit facile à transporter et à manipuler. Nous avons envisagé deux propositions distinctes qui permettent de remplir toutes les contraintes formulées par ENNOVIA :



Nos recherches nous ont amenés à réfléchir à plusieurs solutions, dont celle illustrée ci-dessus qui permettrait d'avoir une perche d'environ 60 cm en état replié (légèrement plus grande que celle actuellement utilisée par les équipes d'ENNOVIA mais toujours suffisamment compacte pour un transport relativement facile). Cette première proposition serait déployable à deux endroits distincts et munie de deux coudes permettant une rotation facile pour évoluer dans des endroits plus restreints (cuves, tuyauteries, cales,...). Sur ce modèle, toute la perche serait capable de se rétracter dans la première section, plus longue et large, permettant d'accueillir les coudes et les deux autres sections de la perche.



Nos réflexions nous ont aussi poussées vers une deuxième possibilité, moins compacte. Son principe réside dans l'assemblage de 3 étages télescopiques mis bout à bout. Le résultat est moins compact mais donne de meilleures possibilités de réglages de l'allonge de la perche afin de s'adapter aux dimensions des obstacles à contourner. En effet, cette disposition permet à l'utilisateur de prolonger la partie de la perche qu'il souhaite (étage 1, 2 ou 3) afin de s'adapter au mieux à son environnement.

2. Choix du matériaux

Dans le commerce, la plupart des perches télescopiques qui existent sont faites en aluminium ou en fibre de carbone. Nous avons alors choisi, parmi ces deux matériaux, celui qu'il était le plus intéressant d'utiliser pour réaliser les tubes de la perche.



Figure 1 : Perche en fibre de carbone



Figure 2 : Perche en aluminium

En analysant les résultats du tableau en Annexe [3.1], ces deux matériaux ont une résistance mécanique et une résistance à la corrosion suffisante (Module d'Young, Résistance à l'eau) pour répondre aux exigences 2, 3 et 4. Le carbone est plus léger que l'aluminium (Masse volumique) mais à l'inverse, l'aluminium est bien moins onéreux que le carbone (Prix).

Dans le cas où nous utiliserons le carbone, l'exigence de prix 5 ne serait pas respectée. (Nous préférerons privilégier le prix plus accessible de l'aluminium face au gain de poids, que nous ferions avec le carbone, qui serait assez faible en comparaison avec le gain de prix). Ainsi nous conseillons de faire le corps de la perche en **aluminium**.

Solution innovante : Faire les tubes en PMMA. C'est un matériau moins cher que l'aluminium et plus léger, et il reste résistant (en effet, il est principalement utilisé pour la réalisation de cockpits pour les avions de chasse). Il pourrait donc être intéressant de le prendre en compte pour la réalisation des tubes.

En comparant les caractéristiques de l'aluminium et du PMMA (voir tableau en Annexe [3.2]), on peut retenir cette solution au vu de son prix et de sa masse volumique.

Mais afin de pouvoir valider le PMMA comme matériau adéquat au corps de la perche, nous allons réaliser une étude de résistance des matériaux, les simplifications effectuées envisagent le cas le plus défavorable :

Tout d'abord, nous assimilons la perche à une poutre de section constante de diamètre intérieur $D_{int} = 35$ mm, étant encastrée à l'une de ses extrémités et soumise à un poids P de 1 kg à l'autre extrémité, qui représente le poids du support de la caméra, de la caméra, de la lumière et des deux articulations.

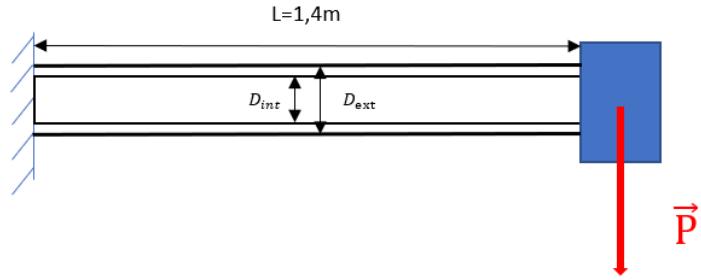


Figure 3 : Assimilation de la perche à une poutre

Vérifions que les contraintes engendrées par la perche ne sont pas supérieures à la résistance mécanique du PMMA.

Le moment maximal peut se calculer ainsi : $\sigma_{max} = \frac{D}{2} \frac{M_{fz}}{I_{(G,z)}}$

Le moment est maximal au niveau de l'encastrement perche bâti. On a alors $\sigma_{max} = 2 \text{ MPa}$, ce qui est bien inférieur à la résistance mécanique du PMMA qui est de 80 MPa et a fortiori à celle de l'aluminium.

D'après la théorie des poutres, sous l'hypothèse des petites déformations, on a :

- le moment quadratique $I_{(G,z)} = \frac{\pi(D_{ext}^4 - D_{int}^4)}{32}$
 - la formule de flèche $E = \frac{FL^3}{3f_{max}I}$ qui, lorsque l'on isole le diamètre extérieur, nous donne,
- $$D_{ext} = \left(\frac{32}{\pi} \left(\frac{FL^3}{3f_{max}E} + \frac{\pi}{32} D_{int}^4 \right) \right)^{\frac{1}{4}}$$

Donc, lorsque l'on prend une flèche maximum $f_{max} = 1 \text{ mm}$ (ce qui représente un déplacement de 1 mm en bout de perche par rapport à l'horizontale, plus clairement cela signifie que la perche est très rigide) et en matériau de l'aluminium, on a $D_{ext} = 39 \text{ mm}$ soit une épaisseur de tube de 2mm ce qui est cohérent avec la réalité.

Cette fois-ci, lorsque l'on change l'aluminium pour le PMMA, on obtient $D_{ext} = 74 \text{ mm}$, ce qui est trop épais pour un manche de perche comme le nôtre. Le problème engendré serait un manque de confort de la part de l'utilisateur voire un risque de chute supplémentaire pour la perche. Cependant, en réduisant raisonnablement la rigidité de la perche (soit $f_{max} = 1 \text{ cm}$), on obtient $D_{ext} = 45 \text{ mm}$, ce qui est acceptable en termes de prise en main du tube.

Pour conclure l'étude, dans le cas où le type de perche recherchée est très rigide, l'aluminium sera plus adapté et dans le cas où le critère de rigidité n'est pas trop exigeant, le PMMA pourra être un choix innovant de matériau.

3. Choix des articulations

Pour le choix des articulations à positionner sur notre perche, une réflexion plus construite a dû être menée. En effet, ces articulations doivent répondre à de nombreux critères :

- suffisamment petites pour que le dispositif soit rétractable sans difficulté;
- capables de fournir une grande flexibilité au niveau des angles acceptés;
- suffisamment solides pour supporter le poids de la perche ainsi que celui du matériel de prise de vue fixé à son extrémité;
- capables de verrouiller une position angulaire malgré les contraintes imposées par le poids de la caméra;
- pouvoir retourner facilement à une position parfaitement droite pour les prises de vue statiques.

Au cours de nos recherches pour ce type de fixations, nous avons exploré deux types d'articulations principales :

- les rotules, plus sophistiquées et permettant des positions plus variées dans toutes les directions;
- les coudes, plus simples dans leur conception, mais ne permettent de pivoter qu'autour d'un seul axe.



← exemple de coude



exemple de rotule →

Pour plus de flexibilité, l'option rotule nous a paru être la plus intéressante. Néanmoins, il a fallu nous assurer qu'il était possible de trouver un modèle suffisamment compact et résistant pour répondre au cahier des charges de nos modèles imaginés et souhaités par ENNOVIA. Après plusieurs recherches, nous avons trouvé un type de produit intéressant pour les fonctionnalités recherchées : une rotule de petite dimension 49x25x33 mm et de faible poids (seulement 45 g). Ce modèle, conçu par la société SmallRig, est capable de supporter un poids maximum en utilisation classique de 1.5kg, ce qui nous a semblé amplement suffisant pour l'utilisation souhaitée. Voici ci-après le visuel et des précisions techniques concernant la rotule fournie sur le site du revendeur :

Product Details



Le fait que ces rotules soient vendues au prix de 19.50 € pour deux unités nous a aussi semblé être un critère très attractif pour maîtriser au mieux le coût global du projet.

IV. Support caméra/téléphone

Dans cette partie, nous nous intéresserons aux contraintes appliquées sur le support de la caméra et à son utilisation.

1. Exposition des besoins et motivations

Le support est la partie de la perche sur laquelle se situera la caméra et qui permettra d'effectuer les prises de vues nécessaires à l'entreprise pour prouver du bon déroulement et de l'achèvement des travaux de maintenance. C'est donc une pièce essentielle qui nécessite une attention particulière. Qu'est-ce qui peut et doit être fait avec le support par rapport aux exigences et avec ce que l'on a déjà ?

Le support dont dispose déjà ENNOVIA permet de visser n'importe quelle caméra panoramique Ricoh Theta (l'entreprise en possède une) ainsi que des caméras GoPro. L'entreprise souhaite pouvoir effectuer des prises de vues non seulement avec les caméras citées plus tôt, mais également avec un téléphone portable.

2. Idées rejetées : support unique

L'idée d'un support à la fois pour caméra et téléphone était celle qui était initialement favorisée. En effet, c'est une solution qui aurait permis de minimiser le poids de la perche (lors de l'utilisation) et la place que prend le support lors du transport. Pour réaliser cette solution, nous avons envisagé 2 manières de procéder.

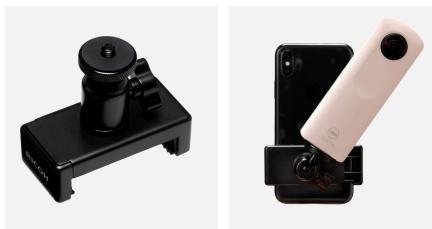
a. Pièce sur mesure

Cette solution présente des avantages non-négligeables, dont celui de faire un modèle de support qui correspond au mieux aux exigences de l'entreprise. Elle a cependant été abandonnée pour plusieurs raisons :

- elle nécessite une maîtrise de la Conception Assistée par Ordinateur (CAO) avancée (notamment pour les fixations) ;
- il faut se poser la question du matériau à utiliser.

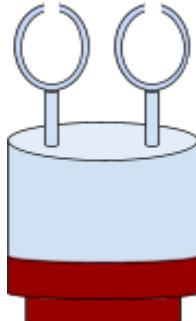
b. Réalisation à-partir d'un support existant

L'entreprise Ricoh Theta propose parmi ses produits un support qui peut porter à la fois une caméra (à visser) et un téléphone portable.



Images du fabricant (Ricoh Theta)

Il n'est pas possible d'accrocher directement ce support à la perche. Pour cela, il aurait fallu concevoir une pièce intermédiaire qui se visse au système "Fix N Click" et qui s'accroche au dit support.



*Exemple de pièce intermédiaire envisagée
(système Fix N Click en rouge)*

Si cette solution est possible à mettre en œuvre, cela reste compliqué car elle requiert elle-aussi une phase de CAO. De plus, cette solution engendre d'autres problèmes :

- sur le support, il y a peu d'espace sur lequel on pourrait fixer une autre pièce ;
- Il aurait fallu se poser la question du matériau utilisé pour la pièce intermédiaire.

Si cette solution avait été choisie :

- le prix aurait été de 39,99 € plus le prix de l'impression 3D ;
- le poids aurait été de 71 g plus le poids de la pièce intermédiaire.

C'est pourquoi nous avons favorisé une autre idée, plus simple à mettre en œuvre.

3. Solution retenue : supports séparés

La perche dont dispose l'entreprise (Ricoh Theta Stand TD-1) possède une fixation universelle (par vissage). Grâce à cela, il est possible d'envisager l'utilisation d'un support séparé pour téléphone portable qui puisse être vissé sur la fixation.

On veut donc un support pour portable vissable.



Images du fabricant (Apore)

Le support retenu (Apore Y00074-US) est rotatif à 360°, et permet d'avoir l'angle de vue le mieux adapté à la situation.

La solution retenue est la plus simple à mettre en œuvre car, contrairement à l'autre solution envisagée. Les caractéristiques de cette solution sont les suivantes :

Prix	11,99 €
Poids	72,5 g
Poids maximal supporté	1 kg
Dimensions	12,8 x 5,7 x 4 cm
Matériaux	Plastique

V. Trépied

Nous allons nous intéresser au trépied de la perche télescopique. Celui-ci doit être léger (moins de 500 g), suffisamment stable pour supporter un vent de 40 km/h s'appliquant sur une perche de 1 m 50 de long. Il devra durer dans le temps et être résistant à la corrosion.

1. Choix d'un trépied existant

Nous sommes partis d'une sélection large de trépied, de différentes formes, existant déjà sur le marché afin de voir s'il existe déjà un modèle qui correspond aux critères définis dans le cahier des charges.

Nous nous sommes tout d'abord intéressés à ce type de trépied, ayant l'avantage d'être très stable, il est cependant encombrant et lourd.



Finalement, pour pallier ces problèmes, nous avons choisi le trépied MVMXPROBASE de Manfrotto qui est léger et facilement transportable (voir bibliographie (1)). Voici ses caractéristiques :

Poids	0.385 kg	Fixation par le dessus	Pas de vis $\frac{1}{4}$ "
Matériaux	Aluminium, Acier	Fluid head	Oui
Charge admissible de sécurité	8kg	Rotation panoramique	360°
Hauteur max	11.5 cm	Pan bar inclus	Non
Hauteur min	10.5 cm	Type plateau	030L
Dimension fermée	10.5 cm	Plateau rapide	Non
Inclinaison avant	-19° +19°	Bascule avant/arrière	Non
T° travail max	60°	Focus link	Non
T° travail min	-20°		

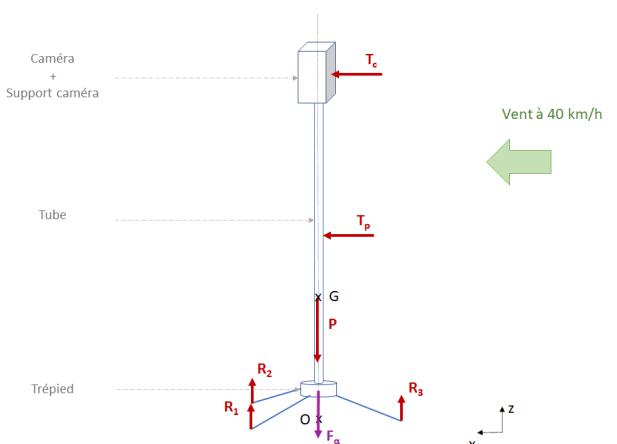


Nous avons choisi d'utiliser un trépied amovible pour plus de praticité et d'ergonomie. Celui-ci pourra être vissé sur le monopode.

2. Stabilité du trépied

Nous avons fait une étude de stabilité (voir les calculs détaillés en Annexe 2), avec la modélisation suivante.

Pour que la perche soit stable sous 40 km.h^{-1} de vent, il faut qu'il y ait une force supplémentaire F_α de 40 N.



a. Dans un environnement ferreux

Dans un environnement ferreux, nous allons essayer de tirer parti de l'aimantation.

Fixation de l'aimant sur le trépied :

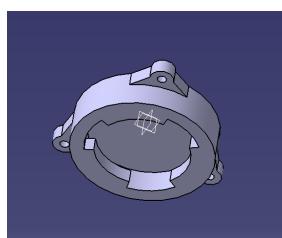
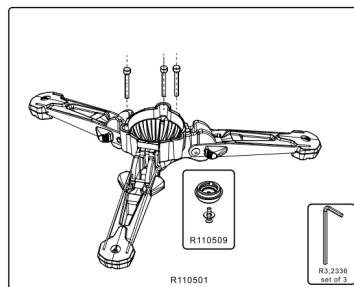
Pour que le trépied s'aimante au sol, il est nécessaire que l'aimant soit en contact ou très proche du sol.

Le trépied utilisé sera celui choisi dans la partie précédente : trépied Manfrotto MVMXPROBASE. Sa base n'est pas très éloignée du sol, ce qui est un avantage. Pour fixer l'aimant, nous avons créé une pièce à placer sous le trépied, au niveau de la rotule. Cette pièce, qui pourra être fabriquée par imprimante 3D, s'inspire des systèmes de clipsage de détecteur de fumée.

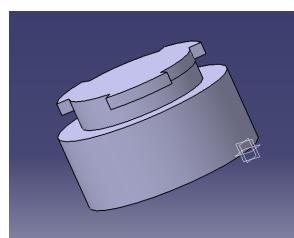
Pour fixer l'aimant sous le trépied, nous allons remplacer les vis déjà en place par des vis un peu plus longues de manière à ajouter une attache pour l'aimant.

L'attache de l'aimant sera composée de deux pièces : un morceau fixé sur le trépied en permanence et un deuxième, solidaire de l'aimant qui vient s'accrocher sur le premier.

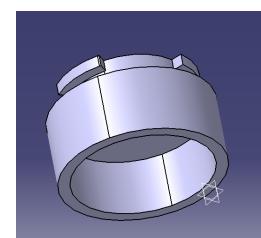
Voici les pièces modélisées sous CATIA V5R20 :



Pièce 1



Pièce 2



Pièce 2

Nous viendrons coller l'aimant à l'intérieur de la pièce 2. Cette pièce sera en plastique afin qu'elle soit légère, transportable, facilement remplaçable, et peu chère .

Choix de l'aimant

On prend un aimant en néodyme en forme de disque de diamètre 20 mm, de hauteur 15 mm (voir bibliographie (2)).

Si on place l'aimant ci-dessus à 2 mm du sol, il développera une force d'environ 63 N (ce qui correspond à 6,5 kg), ce qui est suffisant pour contrer la force du vent et pas trop fort pour que l'opérateur puisse retirer la perche sans efforts excessifs (voir bibliographie (3)). De plus, cet aimant a un revêtement nickelé ce qui le protège de la corrosion, à laquelle le Néodyme est très sensible.

Il faut juste adapter la fixation de manière à ce que l'aimant soit placé à environ 2 mm du sol.

b. Dans un environnement non ferreux

Une solution serait de rajouter un poids sous le trépied (même endroit que l'aimant). Mais pour respecter le cahier des charges, il faudrait un poids d'environ 4 kg, ce qui est beaucoup trop lourd. Une autre solution est de changer les matériaux des pieds du trépied pour qu'il soit un peu plus lourd (voir la partie sur les matériaux). Par contre, cela sera plus embêtant pour le transport de la perche.

3. Matériaux pour le trépied

Photo : Trépied inclus dans la perche utilisée actuellement par Enovia



Le principal inconvénient du trépied déjà existant est sa stabilité.

Il en découle plusieurs solutions pour palier ce problème :

- une solution technique faisant appel à un aimant (car la perche est amenée à être posée sur des sols métalliques comme des cales de bâteaux ou des ponts de bâteaux)
- une solution technique avec un trépied plus lourd et/ou des pieds plus longs
- une solution technique rajoutant un poid en plus du trépied

Dans le cadre de l'étude des matériaux, notre travail sera axé sur la deuxième solution technique, nous envisageons alors un matériau assez lourd et avec un coût de fabrication faible. L'acier est un très bon candidat pour cette utilisation. C'est un matériau peu cher, lourd et résistant. Il a le meilleur rapport résistance mécanique/prix, selon les comparaison en Annexe [3.3].

Il suffirait de reprendre les caractéristiques mécaniques principales du trépied et de les refaire dans d'autres matériaux, en particulier en acier. La structure sera la même et la stabilité sera améliorée.

VI. Accessoirisation

1. Exposition des besoins

Dans cette partie, nous porterons notre attention sur les contraintes et les solutions proposées pour la mise en place des accessoires de la perche, notamment pour l'éclairage de la caméra 360° et la prise en main de la perche.

Sur ces points, le cahier des charges de l'entreprise ENNOVIA nous impose les critères suivants :

- éclairage 360°;
- intensité lumineuse modulable;
- batterie pour caméra intégrée (optionnel)
- prise en main ergonomique

2. Lumière

a. Idée envisagée : lampe programmée avec Arduino

Tout d'abord, nous pensions créer une lampe 360° grâce à Arduino : en effet, l'un de nos membres possédait déjà des compétences dans ce domaine. Mais la charge de travail conséquente, le manque de matériel, l'alimentation essentielle de l'Arduino et la création d'une protection nous ont poussés à changer de voie. Nous avons donc décidé de nous rabattre sur une option plus facile à mettre en œuvre : trouver la meilleure lampe de caméra 360° déjà existante.

b. Solution retenue : lampe panoramique



Le modèle de la lampe est la lampe panoramique *Halo 360 Bushman* de la marque *Bushman Panoramic*.

5 positions de puissance	20 / 40 / 60 / 80 / 100%
3 températures	2800° / 3600° / 5300°

Puissance Maximale	755 lm
Durée de fonctionnement à pleine puissance	70 min
Temps de charge	3h-4h
Poids	350g
Diamètre	62 mm
Hauteur	90 mm
Goujon fileté mâle	1/4" en haut
Goujon fileté femelle	1/4" en bas
Charge maximale	3 kg
IP (indice de protection)	52 (protection contre la poussière ; protection contre les éclaboussures d'eau)

Cette lampe répond à tous les critères demandés par l'entreprise, elle peut recharger la caméra en utilisant sa propre batterie. La lampe est au prix de 229 € TTC.

3. Poignée

Dans le but de rendre la perche plus ergonomique, nous pouvons ajouter un revêtement au niveau de la poignée pour assurer un meilleur maintien de la perche et par conséquent un confort supplémentaire pour l'utilisateur.

On peut penser à deux types de revêtements possible : une mousse ou un revêtement en élastomère



Figure 4 : Poignée en élastomère



Figure 5 : Poignée en mousse

La poignée faite en élastomère (Figure 4) est conçue pour avoir un maximum d'adhérence et assurer le maintien de la perche dans des milieux humides voire aquatiques (par exemple, lorsque l'utilisateur a les mains mouillées).

La poignée en mousse (Figure 5) relève plutôt d'une utilisation dans des milieux non spécifiques, mais surtout épouse la forme des doigts de l'utilisateur, donc on gagne en confort. Ainsi nous conseillons de concevoir la perche avec la **poignée en mousse**.

VII. Conclusions et perspectives

Le projet proposé par l'entreprise ENNOVIA nous a poussé à explorer diverses pistes concernant chacunes des composantes, avec des idées rejetées car trop compliquées à mettre en œuvre et d'autres refusées faute de moyens, de temps ou de respect des critères.

En perspective, quelques améliorations supplémentaires auraient pu être réalisées sur une durée plus importante et avec des moyens plus importants, avec une utilisation accrue de la CAO et des matériaux répondant mieux aux critères.

Toutefois, cela a été pour nous l'occasion de découvrir comment se déroule un projet, l'organisation d'une équipe et les phases de recherche qui doivent permettre de résoudre les problèmes.

VIII. Bibliographie

1. Bibliographie du trépied

- (1) Référence du trépied :
<https://www.manfrotto.com/fr-fr/base-fluide-monopode-xpro-mvmxprobase/>
- (2) Référence de l'aimant :
<https://www.supermagnete.fr/adhesive-force-calculation/result?paramset=i/2/S-20-20-N/P ure%20Iron/10/250>
- (3) Outil de calcul de la force développée par l'aimant en fonction de la distance à la plaque de fer:
https://www.supermagnete.fr/aimants-disques-neodyme/disque-magnetique-20mm-15mm_S-20-15-N

2. Bibliographie des matériaux de la perche

- (1) Référence de la perche en fibre de carbone :
<https://www.lacameraembarquee.fr/perches-gopro/10614-perche-invisible-selfie-stick-instastick-360-edition-etendue-3m-6970357852611.html>
- (2) Référence de la perche en fibre de carbone :
<https://www.lacameraembarquee.fr/fixations-instastick-360-one-rs/8249-perche-invisible-instastick-360-pour-camera-360-6970357854684.html>

3. Bibliographie du support caméra/téléphone

- (1) Référence du support caméra+téléphone de Ricoh Theta :
<https://ricohtheta.eu/fr/products/ricoh-theta-smartphone-holder-to-1-910825>
- (2) Référence du support pour téléphone portable de Apore :
https://www.amazon.fr/Adaptateur-smartphone-Apose-utilisation-4-20-tr%C3%A9pied/dp/Bo6VWGWLK/ref=asc_df_Bo6VWGWLK/?tag=googshopfr-21&linkCode=dfo&hvadid=28021724492&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=17758377412381999285&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcndl=&hvlocint=&hvlocphy=9056334&hvtargid=pla-402460781414&h=1

4. Bibliographie de l'éclairage

- (1) Référence Arduino:
<http://www.multimedialab.be/doc/erg/2018-2019/Arduino/Arduino le guide complet JM Hughes O Reilly 2018.pdf>
- (2) Référence lampe:
https://www.lacameraembarquee.fr/eclairages-et-lampes-gopro/11414-lampe-panoramique-halo-360-bushman-8594179260577.html?gclid=CjwKCAjw1YCkBhAOEiwA5aN4AZZY58QzP0l8G36ut3K6Be1hYwbrsslKj3ox1PZE8fXzXeQBrZUHEBoCJmoQAvD_BwE

IX. Annexes

1. Annexes Cahier des charges

FONCTION	CRITÈRE D'APPRECIATION	SOLUTION	NIVEAUX DE PRIORITÉ
Trépied			
Stabilité	<ul style="list-style-type: none"> - assez efficace pour supporter un vent de 40km/h - capable de supporter une perche de 1m50 	<ul style="list-style-type: none"> - longueur des pieds réglables -lestage du trépied à l'aide d'un poids - présence d'un aimant 	Haute
Corrosion	<ul style="list-style-type: none"> - ne doit pas se détériorer face à la corrosion 	<ul style="list-style-type: none"> - doit être construit dans un matériaux inoxydable 	Haute
Aimant	<ul style="list-style-type: none"> -permet d'accrocher la perche à toutes les surfaces métalliques 	<ul style="list-style-type: none"> - Fixer un aimant en dessous du trépied et au trois extrémités de celui-ci. 	moyenne
Perche			
Couder	<ul style="list-style-type: none"> -permettre d'articuler la perche 	<ul style="list-style-type: none"> -utilisation de rotule 	Très Haute
Télescopage	<ul style="list-style-type: none"> - hauteur ajustable, réduire l'encombrement 	<ul style="list-style-type: none"> - 	-haute
Corrosion	<ul style="list-style-type: none"> - ne doit pas se détériorer face à la corrosion 	<ul style="list-style-type: none"> - doit être construit dans un matériaux inoxydable 	Haute
Eclairage			
Intensité	<ul style="list-style-type: none"> -ne doit pas détériorer la photo 	<ul style="list-style-type: none"> permettre une variation de l'intensité en fonction des conditions de photo 	Moyenne
Batterie	<ul style="list-style-type: none"> - permettrait de rester une journée entière sur site 	<ul style="list-style-type: none"> -permet de recharger la caméra 	optionnelle
Couleur	<ul style="list-style-type: none"> -permet une bonne qualité de photo 	<ul style="list-style-type: none"> -variation de la couleur de la lumière 	faible

Support caméras			
Support universelle	-perche adaptable à tout type de caméras	- vis	haute
Corrosion	- ne doit pas se détériorer face à la corrosion	- doit être construit dans un matériaux inoxydable	Haute
Support de téléphone	-permet de maintenir un téléphone	-Achat de support de téléphone avec vis universelle	Faible

[1] Cahier des charges réalisé depuis les attentes d'Ennovia

2. Annexes du trépied

Etude de stabilité

On cherche à déterminer la force supplémentaire à appliquer sur le trépied pour que la perche ne tombe pas sous l'effet de 40km/h de vent.

1 Données :

système = {perche + trpied + tube + supportCamera + camera}

Support caméra + caméra : $m_e = 184g$ $h_e = 13.3cm$ $l_e = 4.8cm$

Trépied : $m_p = 385g$ $h_tp = 11.5cm$ $l_pied = 10.5cm$

Tube : $h_{tu} = 150cm$

2 Calcul de la masse du tube

On utilise les dimensions du telescope articulé de la perche :

$l_1 = 60cm, l_2 = l_3 = 25cm, l_4 = 20cm$

$d_1 = 35mm, d_2 = d_3 = 31mm, d_4 = 27mm, \rho_{alu} = 2700kg.m^{-3}$

On suppose que les tubes ont une épaisseur de 2mm.

Volume :

$$V = \pi(r_1^2 - r_{1int}^2)h$$

Poids :

$$P = V\rho_{alu}$$

En faisant les calculs pour chaque petit tube de la perche et en les ajoutant, on trouve : $M_{tube} = 802g$

3 Calcul de la masse totale de la perche

$$M = M_{tube} + M_e + M_p$$

D'où :

$$M = 1371g$$

4 Calcul des forces s'appliquant sur la perche

Poids :

$$\vec{P} = -P\vec{z}$$

$$P = Mg = 13.43N$$

Force du vent :

$$\begin{aligned}\vec{T} &= T\vec{x} \\ T &= \frac{1}{2}C_x\rho S v^2\end{aligned}$$

avec $C_x=1$: coefficient de pénétration de l'air

S : surface exposée au vent (m^2)

v : vitesse du vent (m/s)

ρ : masse volumique de l'air ($kg.m^{-3}$)

sur le tube :

$$T_p = 2.78N$$

sur la caméra :

$$T_c = 0.39N$$

Force inconnue (nécessaire pour que la perche ne tombe pas) :

$$\vec{F}_a = -F_a\vec{z}$$

$$F_a$$

Réaction du support :

$$\vec{R} = R\vec{z}$$

$$R_1, R_2, R_3$$

5 Stabilité

On suppose que le système est à l'équilibre. On se place dans le cas limite : $R_3 = 0N$

A : milieu de la droite $[R_1, R_2]$

$d = \cos(60) * 0.105 = 5.25e^{-5}m$ (distance 0A)

$L_c = 1.69m$ (hauteur où s'applique la force du vent sur la caméra)

$L_t = 0.87m$ (hauteur où s'applique la force du vent sur le tube)

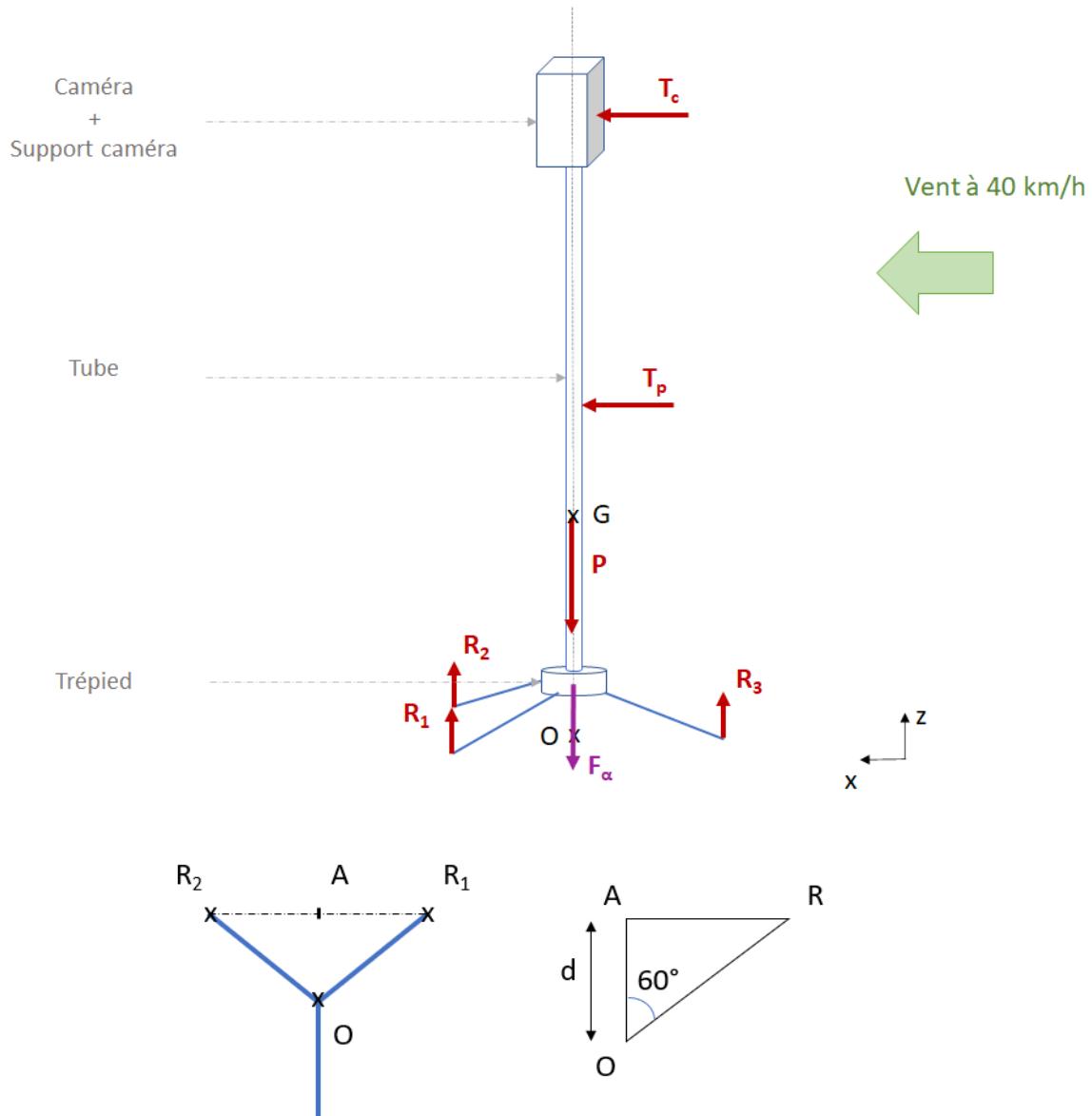
Théorème du moment cinétique appliqué en A :

$$-d * P + L_c * T_c + L_t * T_p - d * F_\alpha = 0$$

$$F_\alpha = \frac{2.36}{5.25e^{-2}} = 44N$$

6 Conclusion

Pour que la perche résiste à un vent de 40 km/h, il faut qu'il y ait une force supplémentaire $F_\alpha = 44N$.



3. Annexe des matériaux

Le choix des matériaux est crucial dans notre projet afin qu'il puisse répondre aux attentes du cahier des charges.

Nous utiliserons le logiciel GRANTA pour
Le cahier des charges spécifique aux matériaux :

	Exigences	Flexibilité
1	Avoir une masse comprise entre 500g et 1kg (sans le trépied)	0
2	Résister à une chute	1
3	Pouvoir supporter le poids de la caméra/téléphone	0
4	Résister à l'humidité (eau, transpiration) et aux rayonnements UV	1
5	Prix inférieur à 1000€	0

* 0 : Niveau d'exigence non-négociable

1 : Niveau d'exigence négociable

Dans cette étude, nous avons décidé dans un souci de facilité de réalisation, de répondre aux exigences via les matériaux déjà existants sur le marché. Ce qui ne nous empêchera pas de proposer des solutions innovantes.

Pour choisir les matériaux adéquats pour chaque partie de la perche nous veillerons à minimiser autant que possible le poids de la perche afin d'optimiser le confort de l'utilisateur (transporter à bout de bras 1kg toute la journée peut être pénible). Nous devrons également concevoir une perche la moins chère possible dans le but d'être accessible pour un grand nombre d'utilisateurs. Dans un même temps nous devrons choisir les matériaux en respectant l'exigence de corrosion, de résistance à la flexion et de résilience du matériaux.

Critère	Aluminium	Carbone
Masse Volumique (kg/m ³)	2.9e3	1.6e3
Prix (EUR/kg)	5.7	36
Module d'Young (GPa)	100	150
Dureté Vickers	140	21.5
Ténacité (MPa.m ^{0.5})	24	20
Résistance à l'eau douce	excellente	excellente
Résistance à l'eau salée	excellente	excellente

[3.1] Tableau de comparaison pour le corp de la perche (Aluminium/Carbone)

Critère	Alliage d'aluminium	PMMA
Masse Volumique (kg/m ³)	2.9e3	1.2e3
Prix (EUR/kg)	5.7	1.63
Module d'Young (GPa)	100	3.24
Dureté Vickers (HV)	140	22
Ténacité (MPa.m ^{0.5})	24	1.6
Résistance mécanique (Mpa)	600	80

[3.2] Tableau de comparaison pour le corp de la perche (Aluminium/PMMA)

Critère	Aluminium	Acier
Masse Volumique (kg/m ³)	2.9e3	7.8e3
Prix (EUR/kg)	5.7	1
Module d'Young (GPa)	100	210
Dureté Vickers (HV)	140	490
Ténacité (MPa.m ^{0.5})	24	/

[3.3] Tableau de comparaison pour le corp de la perche (Aluminium/Acier)

4. Annexe Tableau de bord final.

Support télescopique pour caméra 360 degrés

Chef/cheffe de projet :	AUTET Maëva
Membres :	<ul style="list-style-type: none">○ BERTRAND Chloé○ COLLIN Sacha○ CZUCKERMAND Jules○ DABOT Pierre○ LE COZ Paul-Emile○ LOUSTAU Arthur○ MIKUSITHY Théo○ SUROSNE Lucas○ VOGEL Amélie
Dates :	19/04/2023 - 09/06/2023

Détails du projet

Contexte

La société ENNOVIA réalise pour différents clients des prises photos 360 degrés.

Ces photos sont très importantes notamment pour suivre des travaux réalisés mais surtout pour

pouvoir détecter diverses anomalies présentes dans des locaux très peu accessibles.
(Corrosion, déformation...).

Mission

Confectionner un support plus efficace et mieux adapté aux réalités du terrain.

Livrables : rapport écrit + soutenance

Matrice RACI

Tâches principales Stabilité Forme du Perche Support Matériaux Lumière Rédaction
 du trépied Trépied télescopique caméra/téléphone

AUTET Maëva	Approbateur	Informé	Consulté	Informé	Réalisateur	Informé	Réalisateur
BERTRAND Chloé	Consulté	Réalisateur	Informé	Informé	Approbateur	Informé	Consulté
COLLIN Sacha	Informé	Informé	Réalisateur	Consulté	Informé	Consulté	Réalisateur
CZUCKERMAND Jules	Informé	Informé	Consulté	Réalisateur	Informé	Consulté	Informé
DABOT Pierre	Réalisateur	Consulté	Informé	Consulté	Informé	Informé	Informé
LE COZ Paul-Emile	Réalisateur	Consulté	Approbateur	Informé	Informé	Informé	Réalisateur
LOUSTAU Arthur	Informé	Informé	Informé	Approbateur	Consulté	Réalisateur	Consulté
MIKUSITHY Théo	Informé	Approbateur	Consulté	Informé	Réalisateur	Informé	Informé
SUROSNE Lucas	Informé	Informé	Réalisateur	Consulté	Informé	Approbateur	Consulté
VOGEL Amélie	Consulté	Réalisateur	Informé	Informé	Consulté	Informé	Approbateur

Descriptif des tâches

Stabilité du trépied : Définir une solution de trépied pour assurer la stabilité de la perche

Forme du Trépied : Choisir un modèle de trépied existant

Perche télescopique : Adapter la perche aux différentes problématiques posées

Support caméra/téléphone : Trouver un système pour que le support soit adapté à la fois pour une caméra panoramique et un téléphone portable

Matériaux : Définir les matériaux les mieux adaptés à chaque partie de la perche

Lumière : Choisir un modèle de lumière existant à fixer sur la perche

Rédaction : Organiser la rédaction du rapport et le mettre en page

Avancement du projet



SEMAINE FINALE

La séance a été très intense pour tout le monde. Les dernières corrections sur le rapport et la mise en page ont été le centre de nos discussions.

Le diaporama commence doucement à prendre forme pour que notre équipe d'oral puisse faire leur soutenance blanche lundi.



Avancement des tâches

À faire	+	...	En cours	+	...	Terminé	...
+ Ajouter une tâche			<div><input checked="" type="checkbox"/> Finalisation du projet</div>			<div><input checked="" type="checkbox"/> cahier des charges</div>	
			<div>AU Lundi</div>			<div>P</div>	
			+ Ajouter une tâche				
						<div><input checked="" type="checkbox"/> Réaliser un support pour caméra et téléphone</div>	
						<div>JC 24 mai</div>	<div>1 ↗</div>
						<div><input checked="" type="checkbox"/> Concevoir le trépied de la perche</div>	
						<div>Q 24 mai</div>	<div>2 ↗ 4 ↗</div>

GANT

