



## RAPPORT DE PROJET

### Perche télescopique pour caméra 360°

Equipe 11 :

Chef du groupe : MARTIN Dimitri

ARNOUX Sarah, CHESNEAU loic, COURTOIS Thibault  
GOURHANNIC Loïs, IMPERATOR Valentin, JESTIN Adele  
MAFFEIS Enzo, PICHOT Antoine, ROGGIA Mateo

2022-2023

**Tuteurs du projet :**

Mme Berlioz, M Ersoy, Mme Kinani, M Tedeschi

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Analyse fonctionnelle</b>	<b>4</b>
2.1	Diagramme des intérateurs . . . . .	4
2.2	Tableau des fonctions / contraintes . . . . .	5
2.3	Diagramme Fast . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Descriptif des produits existant</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Analyse des contraintes mécaniques</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Modélisation de la solution sous Catia</b>	<b>16</b>
5.1	Utilisation dans un environnement fermé éclairé . . . . .	16
5.2	Utilisation dans un environnement fermé non éclairé . . . . .	16
5.3	Utilisation en extérieur avec du vent . . . . .	17
5.4	Utilisation sur un support en acier . . . . .	17
5.5	Utilisation dans un environnement étriqué . . . . .	19
<b>6</b>	<b>Bilan CO2</b>	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>Conclusion</b>	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>Annexe</b>	<b>22</b>
8.1	Cahier des charges de l'entreprise ENNOVIA . . . . .	22
8.2	Gestion de projet . . . . .	23
8.3	Base de donnée utilisées pour établissement du bilan carbone . . . . .	26

**Résumé :** Ce projet a été élaboré pour répondre aux besoins de l'entreprise ENNOVIA : une perche télescopique pour caméra 360°. Pour cela, ils nous ont donné un cahier des charges que nous devons respecter. A partir de celui-ci, nous avons réalisé une étude du produit et proposé des solutions pour répondre à ce besoin.

Les solutions retenues sont une perche professionnelle télescopique faite en carbone, un trépied avec pieds extensibles, une lumière pour caméra 360°, un aimant pour maintenir la perche lorsqu'elle est soumise au vent ou pour l'accrocher sur des sols non plats et de ce fait où on ne peut pas utiliser le trépied. Pour en arriver à la solution, un état de l'art du produit a été réalisé et également une modélisation 3D pour avoir un rendu visuel de notre solution car nous n'avions pas les différents composants de celle-ci. Nous avons également établi un bilan carbone de notre solution pour s'inscrire dans une démarche environnementale.

**Mots clés :** ENNOVIA, perche télescopique, caméra 360°, bilan carbone, état de l'art, modélisation 3D sur Catia.

**Abstract :** This project has been developed for the need of the firm ENNOVIA : a telescoping camera pole. They gave us a product specifications that we needed to comply to. With this, we created a study of the product and offered several solutions for the firm's need.

The solutions that we propose are a professional telescoping camera pole that is made with carbon, a tripod which can extend its legs in order for the telescoping pole to be more stable. Also a magnet to glue the pole on the ground if there is some wind. The magnet can also be used when the ground is not flat and therefore the people cannot use the tripod. In this case, they can glue the pole on a wall with the magnet. To come to the solution, we have made a state of the art and a 3D-modelling. We also made a carbon footprint study to be in an environmental approach.

**Keywords :** ENNOVIA, telescoping camera pole, camera 360°, product specifications, 3D modelling on Catia, carbon footprint

# 1 Introduction

## S1- Support télescopique pour caméra 360°

- **Entreprise** : ENNOVIA
- **Objectifs** : Inspection dans des locaux et structures à faible accessibilité (corrosion, déformation, ... dans le naval)
- **Exigences** :
  - Améliorer des solutions existantes
  - Poids, maniabilité, polyvalence, ...
  - Configuration trépied ou manuel
  - Fixation universelle (GoPro, Smartphone, ...)
  - Longueur ajustable : 50 -> 150 cm
  - Perche articulée
  - Matériaux résistant à la corrosion et robuste,
  - Eclairage associé à la prise de vue
  - Ergonomique



FIGURE 1 – Sujet du projet

Ce projet est en collaboration avec la société ENNOVIA qui réalise des prises de photographies à 360° dans des zones présentant des difficultés techniques d'accès notamment dans des bateaux ou usines. Cette société utilise une perche télescopique : le "Ricotheta monopod". Cependant, cette perche ne remplit pas toutes leurs exigences techniques et ne permet pas à l'entreprise de proposer les meilleures prises de vues pour leurs clients. Par exemple, l'entreprise souhaite pouvoir accrocher la caméra à des murs quand le sol de la pièce n'est pas stable.

Notre objectif est donc de modéliser une nouvelle perche télescopique pour caméra à 360° qui respecte les exigences de l'entreprise ENNOVIA (cf figure 1).

Dans ce projet, nous avons tout d'abord cherché à répondre à la demande du client en trouvant un produit fonctionnel déjà disponible sur le marché qui satisfait toutes les conditions de l'entreprise Ennovia.

Ensuite nous avons réalisé une étude mécanique de la solution en analysant les contraintes mécaniques qu'elle subissait, les matériaux qui la composaient et sa structure mécanique.

Enfin, nous avons étudié l'empreinte écologique de cette solution, en réalisant son bilan carbone pour inscrire le projet dans une dimension écologique.

## 2 Analyse fonctionnelle

Dans cette section, nous avons réalisé une étude fonctionnelle du produit afin de mieux cerner les attentes du client. L'analyse fonctionnelle a pour but de créer ou d'améliorer un produit. Cela permet de connaître toutes les caractéristiques de l'objet et de déterminer ce qui le limite.

### 2.1 Diagramme des interacteurs

Le diagramme pieuvre permet de représenter les fonctions de service d'un produit. C'est-à-dire qu'il permet de voir quelles sont les fonctions essentielles et secondaires d'un produit et comment ces fonctions réagissent avec le milieu extérieur.

**Il permet de rendre une partie du cahier des charges plus visuel et donc plus simple.**

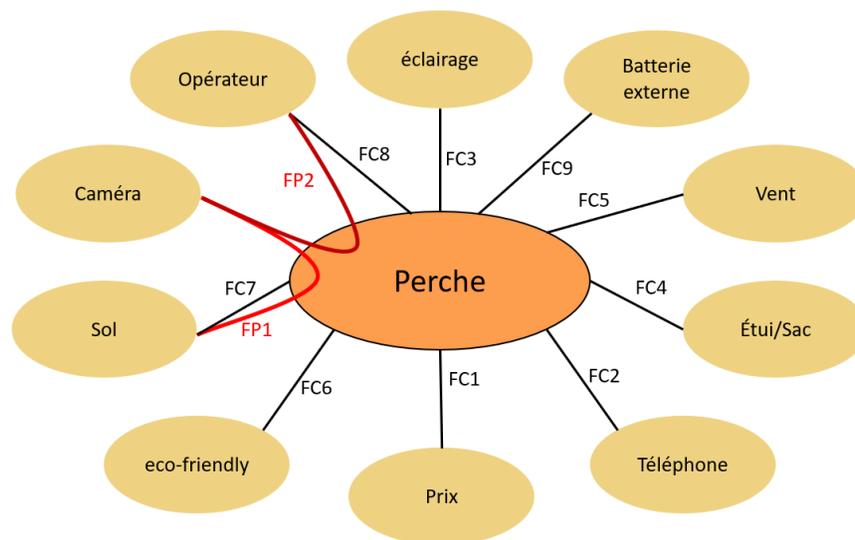


FIGURE 2 – Diagramme pieuvre

## 2.2 Tableau des fonctions / contraintes

A partir du diagramme précédent, nous avons réalisé le tableau des fonctions et contraintes dans lequel nous avons décrit les différents niveaux d'exigences de l'entreprise ENNOVIA. Nous avons aussi donné une valeur de flexibilité sur chaque fonction : une flexibilité de 0 signifie que nous devons absolument respecter le niveau donné. Une flexibilité plus élevée signifie que le niveau est négociable, car moins impératif (ex : la recyclabilité du produit qui n'était pas demandée initialement par l'entreprise ENNOVIA). La flexibilité dans un cahier des charges fonctionnel permet donc aussi l'optimisation du travail lors du projet : l'équipe d'un projet doit d'abord travailler sur les fonctions à niveaux impératifs et finir par les fonctions à niveaux négociables.

Fonction	Contrainte	Critère	Niveau	Flexibilité
FP 1	Supporter la caméra sur la surface de contact	Renversement	pas de basculement avec la caméra sur sol plat, en intérieur	F0
		Glissement	pas de translation avec la caméra sur sol plat, en intérieur	F0
		Hauteur	distance sol-caméra > 150cm	F0
		Affaissement	< 1cm/h	F0
		Chute	non sur surface métallique (acier) verticale (schéma)	F1
FP 2	Permettre à l'opérateur de manipuler la caméra	Masse	< 500g + masse caméra	F0
		Masse	< 1kg + masse caméra	F1
FC 1	Accès endroits confinés	Maniabilité	2 coudes	F0
FC 1	Prix pas cher	Prix	< 1000 €	F0
FC 2	Etre compatible avec un support pour téléphone	Compatibilité	1/4 " filetage (à vérifier)	F2
FC 3	Associable/Compatible éclairage 360°	Compatibilité	filetage 1/4	F0
		Luminosité	lumen < à déterminer	F0
		Champ d'éclairage	>= 360°	F1
		Dimension	Longueur < 50cm / Largeur < 25cm	F0
FC 4	Entrer dans un sac de transport	Dimension	Longueur < 50cm / Largeur < 25cm	F0
FC 5	Stabilité face au vent	Renversement	pas de renversement sur surface métallique (acier) pour vent < 35km/h	F0
FC 6	Recyclabilité du produit	Recyclabilité	+50% de réutilisable / recyclable	F2
	Fabrication du produit	Bilan carbone	émissions < (à trouver)	F2
	Durabilité du produit	Rouille	ddv > 5ans	F1
FC 8	Prise en main	Ergonomie	mousse existe	F2
FC 9	Recharger la caméra lors de son utilisation	Capacité	> 10 000 mAh	F1

FIGURE 3 – Diagramme des interacteurs

## 2.3 Diagramme Fast

A partir du tableau des fonctions et contraintes précédent, nous avons réalisé un diagramme FAST (Function Analysis System Technique) qui permet de vérifier si les solutions techniques trouvées remplissent bien tous les critères du cahier des charges. C'est une méthode usuelle d'analyse fonctionnelle.

Les figure 4, 5 et 6 présentent les solutions trouvées pour que le produit vérifie les fonctions principales et les fonctions contraintes du cahier des charges. Les fonctions services décrivent l'action attendue par le produit pour vérifier les critères des fonctions principales ou des fonctions contraintes. Par définition, une fonction contrainte caractérise le comportement que va avoir l'objet par rapport à l'environnement. Tandis qu'une fonction principale décrit directement pourquoi le produit a été créé.

Par exemple, FC3 "éclairage" est une fonction contrainte : pour s'adapter au manque de lumière qui empêche la bonne prise de vue du client (endroit clos sans lumière ou utilisation de la perche de nuit), le produit doit éclairer l'environnement et donc s'adapter à une contrainte environnementale. FP2 "Permettre à l'opérateur de manipuler la caméra" est une fonction principale car elle décrit directement l'objectif de la perche télescopique.

Pour respecter le critère de chaque fonction principale / contrainte, plusieurs fonctions services sont nécessaires pour décrire l'action que va effectuer le produit pour respecter le critère donné. Pour chaque fonction service, une solution technique doit lui être adjointe. Les solutions techniques représentent les critères de sélection des solutions du marché. Ce n'est qu'après avoir passé en revue toutes les solutions disponibles sur le marché que nous pouvons les comparer entre elles et choisir la meilleure solution possible pour remplir le critère de la fonction principale / contrainte.

Si aucune solution du marché ne respecte les fonctions de service, il est alors nécessaire de concevoir soit même une solution au problème. Ce qui n'a pas été le cas dans ce projet.

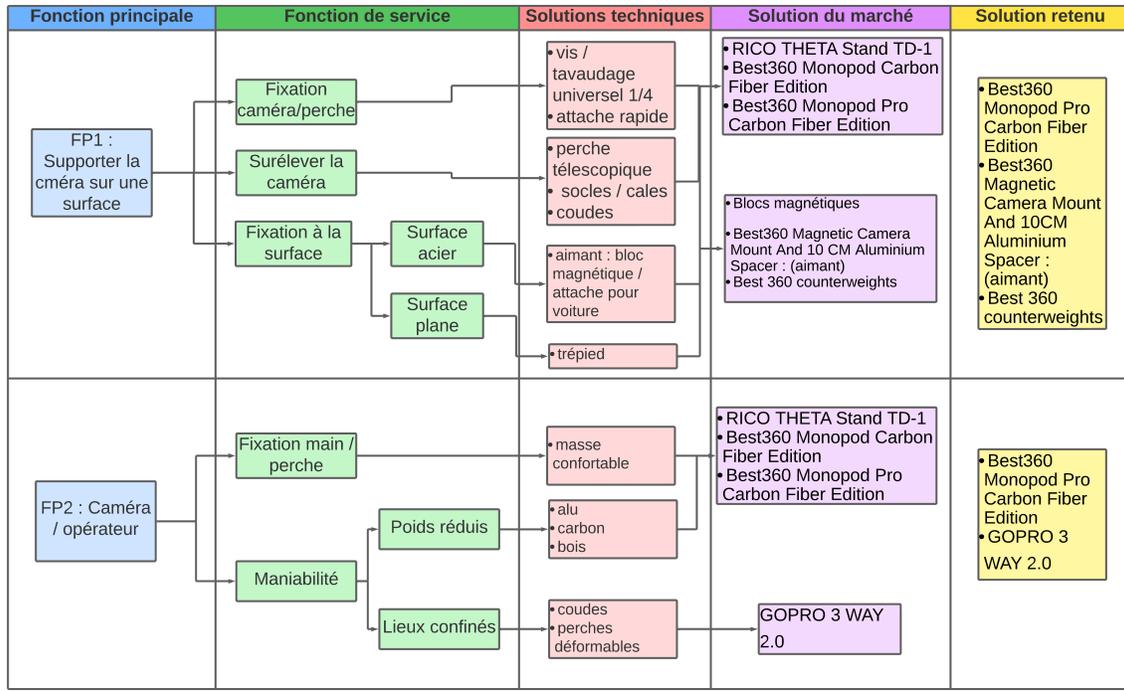


FIGURE 4 – Fonctions principales diagramme Fast

Fonction principale	Fonction de service	Solutions techniques	Solution du marché	Solution retenue
FC2 : Compatibilité support téléphone	Fixation perche/support téléphone	<ul style="list-style-type: none"> <li>pas de vis universel</li> <li>attache rapide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RICO THETA Stand TD-1</li> <li>Best360 Monopod Carbon Fiber Edition</li> <li>Best360 Monopod Pro Carbon Fiber Edition</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Best360 Monopod Pro Carbon Fiber Edition</li> </ul>
FC3 : Eclairage	<ul style="list-style-type: none"> <li>diffusion lumière/orientation</li> <li>Fixation lampe</li> <li>éclairer</li> <li>alimentation électrique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>vis universel 1/4"</li> <li>ampoule <ul style="list-style-type: none"> <li>LED</li> <li>luciole</li> <li>fluorescent</li> </ul> </li> <li>batterie</li> <li>pile</li> <li>dynamo</li> <li>plusieurs sources</li> <li>lentilles</li> <li>filtres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HALO 360 LIGHT (lumière)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HALO 360 LIGHT</li> </ul>
FC4 : Sac de transport	Ensemble compacte	<ul style="list-style-type: none"> <li>perche télescopique</li> <li>perche pliable</li> <li>perche démontable / modulable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RICO THETA Stand TD-1</li> <li>Best360 Monopod Carbon Fiber Edition</li> <li>Best360 Monopod Pro Carbon Fiber Edition</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Best360 Monopod Pro Carbon Fiber Edition</li> </ul>

FIGURE 5 – Fonctions contraintes du diagramme Fast

Fonction principale	Fonction de service	Solutions techniques	Solution du marché	Solution retenu
FC5 : Stabilité vent	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fixation au sol               <ul style="list-style-type: none"> <li>Géométrie</li> <li>Physique fixation</li> </ul> </li> <li>Prise au vent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>trépied</li> <li>socle large</li> <li>aimant</li> <li>contreponds</li> <li>minimum de surface en haut de la perche</li> <li>minimum de poids en haut de la perche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>supports télescopiques précédents</li> <li>Blocs magnétiques</li> <li>Best360 Magnetic Camera Mount And 10 CM Aluminium Spacer : (aimant)</li> <li>Best 360 counterweights</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Best360 Monopod Pro Carbon Fiber Edition</li> <li>Best360 Magnetic Camera Mount And 10CM Aluminium Spacer : (aimant)</li> <li>Best 360 counterweights</li> </ul>
FC6 : Ecofriendly	Recyclabilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>matériaux recyclables</li> <li>ne pas mélanger les matériaux</li> <li>facilité recyclabilité (accessibilité)</li> </ul>		
FC8 : Prise en main	Prise en main de la perche	<ul style="list-style-type: none"> <li>mousse</li> <li>poignet en caoutchouc</li> </ul>	supports télescopiques précédents	Best360 Monopod Pro Carbon Fiber Edition

FIGURE 6 – Suite fonctions contraintes du diagramme Fast

### 3 Descriptif des produits existant

Dans cette section, nous allons présenter les produits trouvés déjà existants qui répondent au cahier des charges donné par l'entreprise, l'idée est que tous les produits suivant peuvent être reliés entre eux par un système de vis écrou de 1/4 de pouce.



(a) Lumière pour caméra 360



(b) aimant de la société Best360



(c) Perche télescopique avec contre-poid et trépied pour professionnel de la société Best360

FIGURE 7 – Produits existants

**Caractéristiques de la lampe (cf figure 7a) :**  
Cette lampe est spécialement conçue pour les caméras 360°.

Son temps de charge est de 3-4h maximum.

**Caractéristiques de la perche (cf figure 7c) :**

Le poids de la perche en mode portatif (sans trépied) est de 220g.

La perche va de 40 à 150 cm, elle est faite en carbone.

Elle est vendue avec un contre poids de 500g, un support pour téléphone, et un trépied extensible pour plus de stabilité (voir figure 8).

Quand la perche est à l'extérieur et donc soumise au vent, on peut étendre les trépieds pour plus de stabilité, ajouter le contre poids pour alourdir la perche. Ou sinon on peut fixer la perche avec l'aimant si le type de sol le permet.



FIGURE 8 – Fonctionnalité du trépied



(a) sac de transport



(b) bloc aimant



(c) Support telephone

FIGURE 9 – Produits existants



FIGURE 10 – Coudes

Pour les coudes, on a choisit une perche coudée cf figure 10 (initialement prévue pour des caméras Gopro) où l'on peut accrocher la caméra 360° avec un adaptateur.

Totalement dépliée, elle mesure 52 cm.

Il y a deux choix pour l'aimant :

- Un bloc aimanté (cf figure 9b ). L'avantage de celui-ci étant qu'on peut l'enlever très facilement grâce à un bouton on/off et sa force d'arrachage est de 80Kg.
- l'aimant proposé par la société qui vend la perche. Sa force d'arrachage est de 45Kg. (cf figure 7b)

**Prix :**

- Perche pro (perche + support telephone + trepieds) : 213.95€
- Aimant : 54€
- Sac : 107€
- halo 360 light : 191€
- bloc magnétique : 13€

**Remarque :** Sur le site du fabricant, il y a des offres (ex : perche pro + aimant + sac = 345€ au lieu de 375€ qui peuvent ainsi réduire les coûts)

## 4 Analyse des contraintes mécaniques

Dans cette section, nous avons étudié les contraintes mécaniques de la perche. On veut savoir si la perche peut basculer à des vents de 40 km/h max. Pour cela nous allons faire un bilan des forces puis nous allons calculer le moment sur un pied pour voir s'il y a basculement.

On se placera dans le cas le plus défavorable où le vent pousse sur un pied comme montré sur le schéma 11

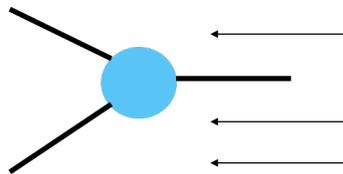


FIGURE 11 – vent sur la perche vue de dessus

On fait un BAME (Bilan des Actions Mécaniques Extérieurs)  
On a la force de trainée et le poids de la perche. On les applique dans le cas le plus

défavorable c'est-à-dire dans le cas où le poids et le vent s'applique à l'extrémité de la perche là où on fixe la caméra. Le schéma 12 ci-dessous récapitule les forces qui s'appliquent au système.

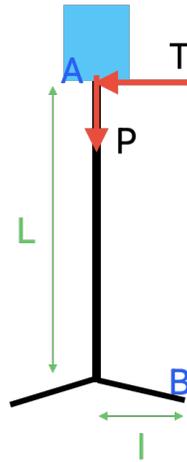


FIGURE 12 – schéma des forces

$$T = \begin{Bmatrix} \frac{1}{2} \rho S C_x v^2 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix} \text{ et } P = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -m g & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}$$

On va appliquer le principe fondamentale de la statique , le théorème du moment en B suivant z (sur le pied où l'on peut voir le basculement).

$M_B$  : moment en B,  $M_A$  : moment en A,  $R$  : Résultante des forces  
 $C_x$  : coefficient de trainée,  $m$  : masse,  $\rho$  : masse volumique,  $S$  : surface

$$\begin{aligned} M_B &= M_A + BA \wedge R \\ M_B &= (-lx + Ly) \wedge (\frac{1}{2} \rho S C_x v^2 x - m g y) \\ M_B &= (l m g - \frac{1}{2} \rho L S C_x v^2) z \end{aligned}$$

	0.38		1.16
	0.42		1.17
	0.47		1.20
	0.50		1.55
	0.59		1.55
	0.80		1.60
	1.05		1.98
	1.17		2.00
	1.17		2.05
	1.38		2.20
	1.42		2.30

Tableau de coefficients de traînée en ordre croissant de formes 3D (à gauche) et 2D<sup>d</sup> (à droite) à des nombres de Reynolds entre  $10^4$  et  $10^6$  (sauf mentions particulières - voir les notes sur l'image dans la page de l'image), le flux venant de la gauche<sup>10</sup>.

FIGURE 13 – Choix du coefficient de traînée

D'après la figure 13, on a choisit un coefficient de traînée de 1.05 car la perche s'apparente à un rectangle en 3D.

AN :  $L = 150\text{cm}$ ,  $v = 40\text{km/h}$ ,  $C_x = 1.05$ ,  $m = 500 + 300 = 800\text{g}$ ,  $\rho = 1.184\text{kg/m}^3$   
 $g = 10\text{m.s}^{-2}$ ,  $S = L * d = 150 * 30 = 4500\text{cm}^2$   $l = 10\text{cm}$

On a donc

$$M_B = 10 \times 10^{-2} \times 0.8 \times 10 - 0.5 \times 1.184 \times 150 \times 10^{-2} \times 4500 \times 10^{-4} \times 1.05 \times (40/3.6)^2$$

$$M_B = -51\text{Nm}$$

Le moment étant négatif cela veut dire que la perche reste ancrée au sol donc il n'y a aucun risque qu'elle bascule avec un vent de 40 km/h.

## 5 Modélisation de la solution sous Catia

Dans cette section, nous avons réalisé une modélisation 3D de la perche télescopique sur Catia. Le but est de pouvoir visualiser les différents assemblages de produits sans pour autant les avoir physiquement.

### 5.1 Utilisation dans un environnement fermé éclairé

Dans un premier temps, nous avons le montage le plus simple. Il s'agit d'un assemblage composé d'une perche en carbone, d'une caméra et d'un trépied. Ce montage est adapté pour réaliser des prises de vues dans un environnement clément, sans vent et où une source de lumière est déjà présente. (Même illustration que la figure 14 mais sans la lampe).

### 5.2 Utilisation dans un environnement fermé non éclairé

Dans un second temps, nous avons le montage avec l'ajout d'une lumière, comme illustré dans la figure 14. Il s'agit d'un assemblage composé d'une perche en carbone, d'une caméra, d'un trépied et d'une lampe de la marque Bush. Ce montage est adapté pour réaliser des prises de vues dans un environnement clément, sans vent et où une source de lumière est déjà présente. De plus cette lampe peut servir de batterie externe pour la caméra.

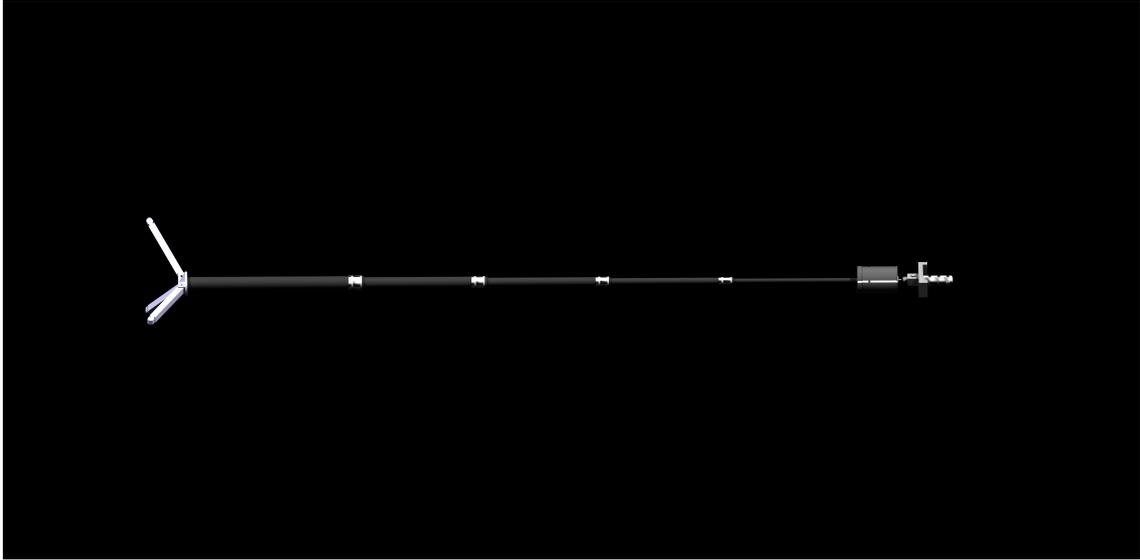


FIGURE 14 – Modèle 3D

### 5.3 Utilisation en extérieur avec du vent

Dans un troisième temps, nous avons le montage avec l'ajout d'un contrepoids pour faire face à l'action du vent lors d'une utilisation en extérieur, même illustration que sur la figure 15 mais sans l'aimant. Il s'agit d'un assemblage composé d'une perche en carbone, d'une caméra, d'un trépied et d'un contrepoids en acier inoxydable pesant 500g. Ce contrepoids permettra de résister aux embruns au fil du temps.

### 5.4 Utilisation sur un support en acier

Dans un quatrième temps, nous avons le montage avec un changement de pied, incorporant un aimant à la base de la perche, comme illustré dans la figure 15 pour la première solution. Sinon figure 16 pour la solution 2. Il s'agit d'un assemblage composé d'une perche en carbone, d'une caméra et d'un pied aimanté. Ce montage peut être utilisé en remplacement du montage avec trépied et contrepoids lorsque le sol est en acier, par exemple sur les ponts des bâtiments de la Marine.

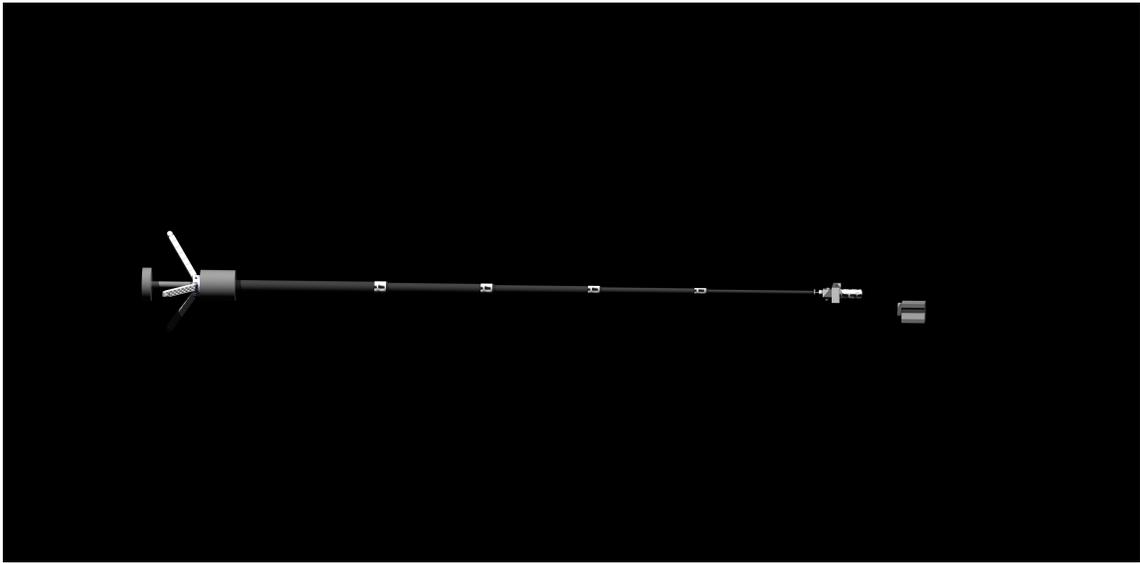


FIGURE 15 – Modèle 3D de la perche avec aimant

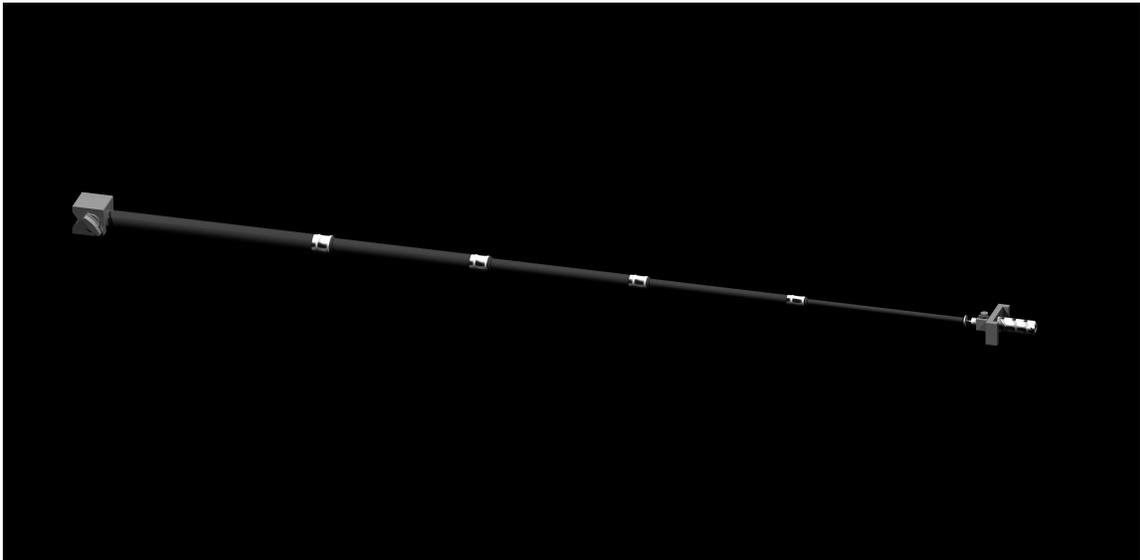


FIGURE 16 – Modèle 3D de la perche avec bloc aimanté

De plus, la solution avec un aimant peut se décliner en une deuxième version en utilisant un bloc aimanté, comme illustré dans la figure 16. Ce type de montage est souvent utilisé dans les ateliers d'usinage. Il nous permet d'augmenter la force

d'arrachage jusqu'à 80 kg et offre un bouton de sélection pour activer ou désactiver l'aimantation.

## 5.5 Utilisation dans un environnement étriqué

Dans un cinquième temps, nous avons un montage différent qui n'utilise pas une perche télescopique en carbone, mais plutôt une perche avec des coudes, comme illustré dans la Figure 17. Il s'agit d'un assemblage composé d'une perche en ABS et d'une caméra. Ce type de montage est spécialement conçu pour réaliser des prises de vue dans des environnements difficiles d'accès. Il est adapté à des situations plus exceptionnelles, d'où notre choix d'une perche compacte et légère, facilement transportable dans un sac à dos.

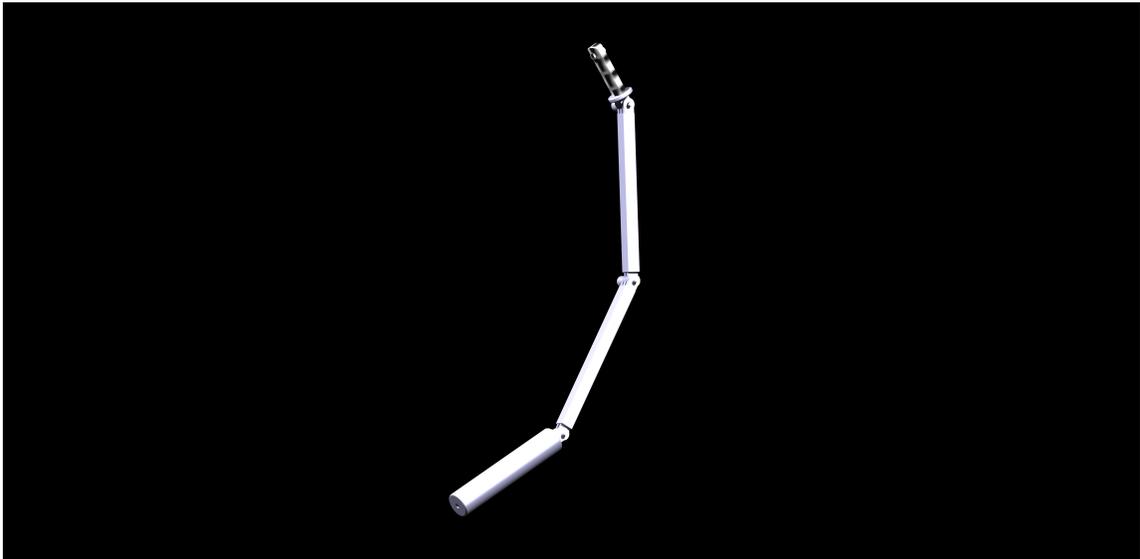
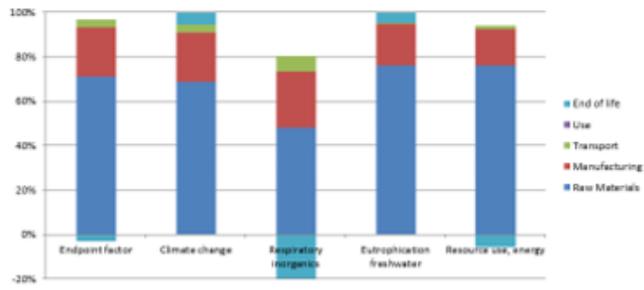


FIGURE 17 – Perche avec des coudes

## 6 Bilan CO2

list of materials				BDD data			Impact result					Sub-total				
Part	Quantity	Unit	Type of material/process	BDD	Code	LCI name in BDD	Endpoint factor mPt	Climate change kg CO2 eq	Respiratory inorganics disease inc.	Eutrophication freshwater kg P eq	Resource use, energy MJ	Endpoint factor mPt	Climate change kg CO2 eq	Respiratory inorganics disease inc.	Eutrophication freshwater kg P eq	Resource use, energy MJ
<b>RAW MATERIALS</b>																
perche	0,22	kg		Idemat	ID0219	Idematapp2020 Carbon f	0,621	11,115	5,64E-07	5,90E-07	187,8763	0,961	17,806	9,19E-07	5,75E-05	272,92
trépied	0,251	kg		Base Impact	BI0432	Aluminium, tôle/Aluminiu	0,043	0,818	4,06E-08	2,04E-07	11,6760					
pois	0,51	kg		Base Impact	BI0434	Acier non spécifié pour m	0,040	0,783	4,75E-08	1,41E-06	9,2440					
support caméra	0,124	kg		Base Impact	BI0432	Aluminium, tôle/Aluminiu	0,021	0,404	2,01E-08	1,01E-07	5,7682					
lampe (plastique)	0,3	kg		Base Impact	BI0447	Résine époxy, RER/Epo	0,152	2,838	1,77E-07	5,44E-05	38,6553					
électronique	0,05	kg		Base Impact	BI0420	Mix cuivre (99,999% issu	0,014	0,200	3,94E-08	6,56E-08	2,2697					
bloc magnétique	0,8	kg		Idemat	ID0304	Idematapp2020 Fe520	0,071	1,649	2,96E-08	7,09E-07	17,4333					
<b>MANUFACTURING</b>																
carbone	0,22	kg		EF secondary	EF1792	Hot rolled coil, productio	0,134	2,606	2,34E-07	2,39E-06	21,8016	0,299	5,768	4,88E-07	1,43E-05	57,68
aluminium	0,375	kg		EF secondary	EF1781	Aluminium sheet rolling	0,036	0,683	2,38E-08	9,85E-07	11,2111					
électronique	0,0025	m2		Base Impact	BI0116	Assemblage de circuits	0,055	0,876	1,96E-07	8,66E-06	3,0191					
acier / fer	1,31	kg		EF secondary	EF1784	Cast iron, single route, at	0,038	0,842	1,35E-08	8,04E-07	10,0137					
plastique	0,3	kg		EF secondary	EF1804	Injection moulding, produ	0,036	0,680	2,14E-08	1,46E-06	11,6320					
<b>TRANSPORT</b>																
chine -> anglétere	50	t*km		Base Impact	BI1466	Transport maritime en vra	0,027	0,457	7,02E-08	6,44E-08	3,4555	0,072	0,940	1,30E-07	1,08E-07	6,01
anglétere -> toulon	10	t*km		Base Impact	BI1467	Transport maritime de co	0,025	0,483	6,00E-08	4,31E-08	2,5513					
<b>USE PHASE</b>																
NONE																
<b>END OF LIFE</b>																
perche	0,22	kg		Base Impact	BI1194	Mise en décharge (Ordu	0,008	0,303	5,90E-10	2,32E-06	0,1271	-0,042	1,418	-3,77E-07	3,78E-06	-21,33
trépied	0,251	kg		Base Impact	BI1194	Mise en décharge (Ordu	0,010	0,345	6,74E-10	2,66E-06	0,1450					
pois	0,51	kg		Base Impact	BI1218	Incinération de déchets -	-0,031	-0,032	-1,42E-07	1,40E-07	-8,1031					
support caméra	0,124	kg		Base Impact	BI1194	Mise en décharge (Ordu	0,005	0,171	3,33E-10	1,31E-06	0,0716					
lampe (plastique)	0,3	kg		Base Impact	BI1215	Incinération de déchets -	0,019	0,684	9,18E-10	1,78E-08	0,1452					
électronique	0,05	kg		Base Impact	BI1218	Incinération de déchets -	-0,003	-0,003	-1,40E-08	4,21E-08	-0,8023					
bloc magnétique	0,8	kg		Base Impact	BI1218	Incinération de déchets -	-0,049	-0,050	-2,23E-08	4,47E-06	-12,8371					
<b>TOTAL</b>							<b>1,2698</b>	<b>25,9327</b>	<b>1,16E-06</b>	<b>7,57E-05</b>	<b>315,2781</b>	<b>1,270</b>	<b>25,933</b>	<b>1,16E-06</b>	<b>7,57E-05</b>	<b>315,278</b>



Profil	Endpoint factor mPt	Climate change kg CO2 eq	Respiratory inorganics disease inc.	Eutrophication freshwater kg P eq	Resource use, energy MJ
Raw Materials	0,96117	17,80633	9,19E-07	5,75E-05	272,922
Manufacturing	0,29894	5,76816	4,88E-07	1,43E-05	57,678
Transport	0,07211	0,94044	1,30E-07	1,08E-07	6,011
Use	0,00000	0,00000	0,00E+00	0,00E+00	0,000
End of life	-0,04179	-1,41776	-3,77E-07	3,78E-06	-21,333

FIGURE 18 – Bilan carbone du système

Les données récoltées nous permettent d'obtenir des informations sur les faits suivants :

- cycle de vie
- changement climatique
- productions de particules inorganiques
- diminution de la diversité biologique

— Ressources utilisées

Ici les données facilement exploitables et compréhensibles sont :

- la notion de changement climatique, pour la solution retenue on a  $\approx 25 \text{ kg}$  de  $\text{CO}_2$  produits au cours de sa vie, ce qui est équivalent à ce que rejette une voiture moderne en 250 km.

- la notion de ressources utilisées, pour la solution retenue on a  $\approx 320 \text{ MJ}$  de nécessaire, soit ce qui permet à un petit réfrigérateur de fonctionner 5 mois.

C'est le choix du carbone pour la perche (choix privilégié afin de diminuer le poids) qui est responsable de près de 50% de l'énergie utilisée et de la production de  $\text{CO}_2$ .

## 7 Conclusion

Les solutions proposées répondent aux cahiers des charges : les dimensions de la perche sont adéquates, le prix total est bien inférieur à la limite de 1000€ et les calculs de contraintes mécaniques prouvent que la solution proposée résistera aux sollicitations dues au vent. Enfin l'analyse du cycle de vie du produit nous paraît importante même si cela ne fait pas partie des exigences du client.

Ce projet nous a permis de découvrir la gestion de projet, de travailler dans une équipe pluridisciplinaire. Cela été également l'occasion pour certains de découvrir le logiciel de modélisation 3D Catia.

## 8 Annexe

### 8.1 Cahier des charges de l'entreprise ENNOVIA

**Objet :** Projet support télescopique pour caméra 360 degrés.

**Objectif :** Réalisation d'un support télescopique pour caméra 360 degrés.

**Descriptif :**

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...).

A ce jour la société dispose d'un support télescopique fiable :

<https://feelestate.com/hardware/stativ-monopod/?lang=fr>

<https://ricohtheta.eu/fr/products/ricoh-theta-stand-td-1-910821#spec>

ENNOVIA souhaite donc confectionner un support plus efficace et mieux adapter aux réalités du terrain.

Pour la bonne réalisation de ce projet, les exigences sont les suivantes

1. Le poids de cette perche ne doit pas excéder 500 grammes.
2. La perche doit être utilisable en deux configurations :
  - a. Mode trépied
  - b. Mode manuel
3. La tête de trépied doit avoir une fixation universelle. (Doit être compatible avec Gopro, Caméra, Ricoh Theta S et smartphone.)
4. La perche doit permettre des ajustements rapides de la longueur de 50cm à 150cm.
5. La perche doit pouvoir être articulée. (Possibilité de régler l'angle de prise de vue)
6. Le matériel utilisé ne doit pas corroder. De plus, l'ensemble devra être robuste et capable de résister aux différentes conditions climatiques. (Rafales de vent)
7. La tête de trépied doit être munie d'éclairage directionnel tout en conservant une bonne qualité photo. (Intégration bouton ON/OFF pour l'éclairage).
8. L'ensemble doit être ergonomique. (Poignée en mousse, patins antidérapant...)

FIGURE 19 – Exigences de l'entreprise Enovia

## 8.2 Gestion de projet

Le tableau de bord ci dessous figure 20 nous permet de suivre l'avancement du projet au cours du temps.



FIGURE 20 – Tableau de bord

Nom de la tâche	Responsable	Échéance	Priorité	Progression
<b>▼ terminé</b>				
✓ Rapport écrit	 thibault-cour...	29 mai		100 %
✓ Analyse des contraintes mécanique (modélisation pa 1 ⌵	 enzo-maffei...	29 mai		100 %
✓ bilan CO2 1 ⌵	 sarah-arnou...	29 mai		100 %
✓ Diagramme FAST 1 ⌵	 lois-gourhan...	11 mai		100 %
✓ tableau des fonctions et des contraintes	 loic-chesnea...	11 mai		100 %
✓ Séance de question avec l'entreprise		3 mai		100 %
✓ Rédaction des questions	 dimitri-marti...	3 mai		100 %
✓ Lister les tâches principales		3 mai		100 %
✓ Attribuer les tâches principales		3 mai		100 %
✓ Analyse du produit déjà existant (THETA MONOPOD) (qu		3 mai		100 %
✓ liste des produits existants	 antoine-pich...	10 mai		100 %
✓ Diagramme interacteurs	 enzo-maffei...	10 mai		100 %
✓ Analyse documentaire/Etat de l'art	 dimitri-marti...	10 mai		100 %
✓ Electronique (lumière + bouton ON/OFF + mode d'alime	 mateo.roggi...	29 mai		100 %
✓ Analyse des contraintes mécaniques (liaisons mécaniques	 adele-jestin...	29 mai		100 %
<b>▼ A faire</b>				
⊗ Rapport oral 1 ⌵	 valentin-imp...	14 jun		
⊗ Etablissement de production				
⊗ Verification des normes				
⊗ Relecture rapport	 dimitri-marti...	8 jun		
⊗ Soutenance de projet	 dimitri-marti...	14 jun		

FIGURE 21 – Tableau d’ordonnement

	Adèle Jestin	Antoine Pichot	Dimitri Martin	Enzo Maffei	Loïc Chesneau	Loïs Gourhannic	Matéo Roggia	Thibault Courtois	Valentin Imperator	Sarah Arnoux
Questions pour entretien	C	I	A	C	I	R	I	I	R	I
Analyse contraintes méca	R	I	I	I	I	I	I	R	A	C
Ergonomie/Design	I	I	A	C	I	I	R	I	I	I
Vérification des normes	I	I	I	A	I	I	I	I	I	I
Rapport écrit	I	C	I	R	I	I	C	A	I	C
Powerpoint	R	I	R	C	I	I	C	I	A	I
Matériaux	I	C	C	I	I	A	I	I	I	I
Etat de l'art	R	R	A	R	R	R	R	R	C	C
Electronique	I	I	C	I	R	I	A	R	I	I
Diagramme interacteurs	C	R	I	A	I	I	C	I	C	I
Tableau des fcts et contraintes	I	I	I	I	A	I	R	I	C	I
Diagramme FAST	I	I	I	I	I	A	I	R	I	C
Bilan carbone	I	I	C	I	I	I	R	I	I	A
Modélisation 3d	I	R	A	R	C	C	I	I	I	I

FIGURE 22 – Matrice RACI

La matrice RACI est un outil de gestion de projet pour tout type de projet y compris les plus complexes. Elle permet de déterminer en amont les rôles des différents membres de l'équipe en charge du projet. RACI est un acronyme anglais : R pour Responsable ou réalisateur, A pour Accountable ou responsable, C pour Consulted ou consultés et enfin I pour Informed ou informés. Cependant, la matrice RACI ne permet pas de planifier la réalisation des différentes tâches dans le temps pour respecter les deadlines imposés par le cahier des charges par exemple.

C'est pour cela que nous avons utilisé un diagramme de Gantt :

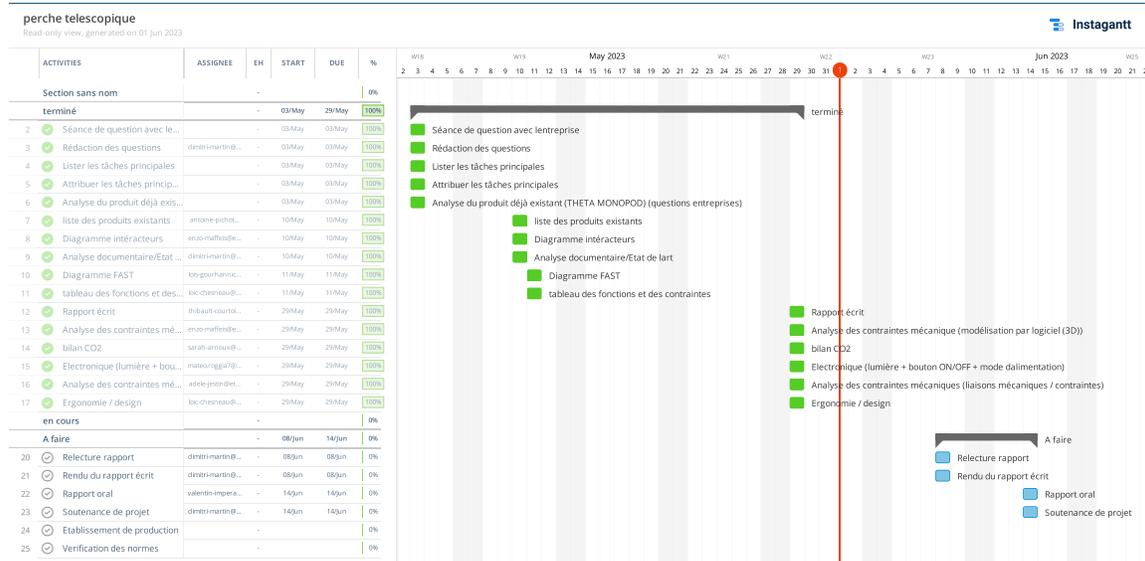


FIGURE 23 – Gantt créé avec Instagantt

Le diagramme de Gantt permet de visualiser l'avancement des différentes tâches du projets, les tâches sont représentées par des barres horizontales qui permettent de savoir visuellement quand a débuté la tâche et quand est la deadline. Les flèches matérialisent les liens entre les tâches. Certaines tâches nécessitent l'accomplissement d'autres tâches en amont pour débiter.

### 8.3 Base de donnée utilisées pour établissement du bilan carbone

EF secondary BDD
This database comes from the European PEF project aimed at harmonizing LCA methods
factor to endscore: The endpoint weighting factors are based on subjective public opinions in Germany, France, Italy, Spain, Poland, UK
Base Impact BDD
This database comes from the french project: environmental labeling of consumer products, <a href="http://www.base-impacts.ademe.fr/">http://www.base-impacts.ademe.fr/</a>
factor to endscore: The endpoint weighting factors are based on subjective public opinions in Germany, France, Italy, Spain, Poland, UK
IDEMAT 2020
This database comes from the work of the University of Delft in the Netherlands, work by Joost Vogtlander
factor to endscore: The endpoint weighting factors are based on subjective public opinions in Germany, France, Italy, Spain, Poland, UK

FIGURE 24 – Base de donnée pour le bilan carbone