



# RAPPORT DE PROJET

## Conception Assistée par Ordinateur

### Modélisation d'un Drone Quadrirotor avec CATIA V5

Année académique : 2024-2025

Réalisé par : ELARFAOUI Radouan N° 24  
HOURIYA N° 25

Sous la supervision de : [Nom du Professeur]

6 mai 2025

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
1.1	Présentation du projet . . . . .	3
1.2	Contexte et objectifs . . . . .	3
1.3	Avantages de l'utilisation des drones . . . . .	3
1.4	Analyse fonctionnelle du drone . . . . .	4
1.4.1	Bête à cornes . . . . .	4
1.4.2	Diagramme pieuvre . . . . .	5
1.4.3	Diagramme FAST . . . . .	5
1.4.4	Contraintes . . . . .	6
1.5	Cahier des charges . . . . .	6
1.6	Les composantes du drone . . . . .	7
1.7	Schéma cinématique et fonctionnement . . . . .	7
1.8	Démarche adoptée . . . . .	9
1.9	Outils utilisés . . . . .	9
1.9.1	Modules CATIA utilisés . . . . .	9
<b>2</b>	<b>Conception des pièces</b>	<b>11</b>
2.1	Liste des pièces modélisées . . . . .	11
2.2	Procédures de modélisation . . . . .	11
2.2.1	Modélisation du châssis central . . . . .	11
2.2.2	Modélisation des bras de support . . . . .	20
2.2.3	Modélisation des supports de moteur . . . . .	22
2.2.4	Modélisation des hélices . . . . .	24
2.2.5	Modélisation du support d'attache . . . . .	26
2.2.6	Modélisation du capot de protection électronique . . . . .	27
2.2.7	Modélisation des éléments de fixation . . . . .	28
2.2.8	Modélisation et choix du moteur . . . . .	29
<b>3</b>	<b>Assemblage</b>	<b>31</b>
3.1	Structure de l'assemblage . . . . .	31
3.2	Contraintes d'assemblage . . . . .	32
3.3	Rendu photoréaliste . . . . .	33
<b>4</b>	<b>Dessin de définition</b>	<b>35</b>
4.1	Cotation fonctionnelle . . . . .	35
4.2	Mise en plan . . . . .	35
4.2.1	Exemple : Dessin de définition du châssis central . . . . .	36
<b>5</b>	<b>Dessin d'ensemble</b>	<b>38</b>
5.1	Nomenclature . . . . .	38

5.2 Représentation et cotation d'encombrement . . . . .	38
<b>6 Analyse critique et conclusion</b>	<b>40</b>
6.1 Conclusion . . . . .	40

# Chapitre 1

## Introduction

### 1.1 Présentation du projet

Ce rapport présente le travail réalisé dans le cadre du projet de conception utilisant le logiciel CATIA V5. L'objectif était de concevoir un drone quadrirotor complet, incluant sa structure mécanique et ses systèmes de propulsion.

### 1.2 Contexte et objectifs

Les drones quadrirotors sont des aéronefs à décollage et atterrissage verticaux (VTOL) qui connaissent un développement considérable ces dernières années. Ils sont utilisés dans de nombreux domaines comme la photographie aérienne, l'inspection de structures, la surveillance, la recherche scientifique ou les loisirs.

Notre projet s'inscrit dans le cadre d'une formation en ingénierie mécanique et vise plusieurs objectifs :

- Conception d'un drone quadrirotor fonctionnel et réaliste
- Application des principes de conception mécanique
- Maîtrise des outils de CAO avancés de CATIA V5
- Respect des contraintes de fabrication industrielle
- Optimisation des performances (légèreté, rigidité, aérodynamique)

### 1.3 Avantages de l'utilisation des drones

L'utilisation des drones présente de nombreux avantages dans des domaines variés, ce qui en fait une technologie de plus en plus prisée. Ils permettent avant tout d'accéder à des zones difficiles ou dangereuses pour l'homme, comme les sites sinistrés, les hauteurs ou les terrains accidentés, facilitant ainsi les opérations de secours, d'inspection ou de surveillance. En agriculture, les drones sont utilisés pour surveiller les cultures, analyser les sols ou pulvériser avec précision, ce qui améliore les rendements tout en réduisant l'usage de produits. Dans le domaine de la sécurité, ils assurent une surveillance rapide et en temps réel de grands espaces (manifestations, frontières, incendies). Ils sont aussi très utiles dans les médias, pour capturer des

images aériennes spectaculaires lors de tournages ou d'événements sportifs. Enfin, leur usage dans la logistique, comme les livraisons rapides de colis ou de médicaments, ouvre la voie à une nouvelle ère de distribution plus réactive, notamment dans les zones isolées. En résumé, les drones permettent de gagner en efficacité, en sécurité et en précision, tout en réduisant souvent les coûts et les risques humains.



FIGURE 1.1 – Exemples d'utilisation des drones dans l'agriculture et l'industrie.

## 1.4 Analyse fonctionnelle du drone

L'analyse fonctionnelle permet de définir les besoins auxquels le drone doit répondre, en identifiant ses fonctions principales, contraintes et relations avec l'environnement. Cette démarche est essentielle pour garantir que la conception réponde aux attentes des utilisateurs et aux exigences du cahier des charges.

### 1.4.1 Bête à cornes

La bête à cornes permet de visualiser le besoin fondamental auquel répond le drone :

- **Qui utilise le drone ?** Utilisateur (opérateur, client)
- **Sur quoi agit-il ?** L'environnement (air, sol, objets à observer ou transporter)
- **Dans quel but ?** Réaliser des missions de prise de vue, de surveillance, de transport léger, etc.

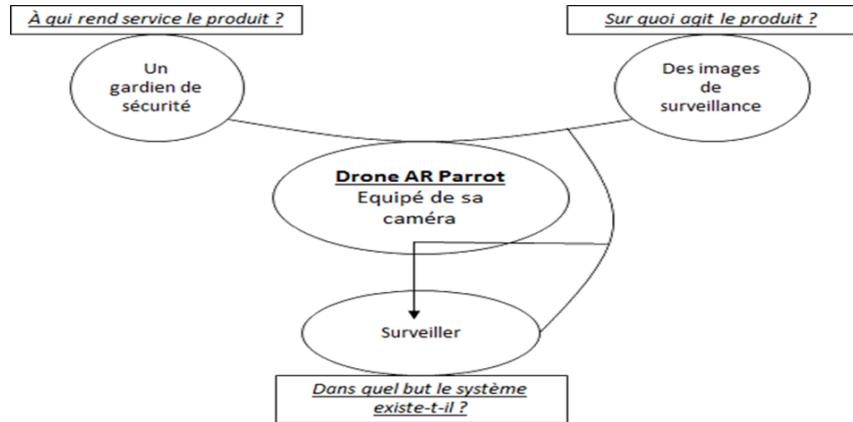


FIGURE 1.2 – Exemple de bête à cornes pour un drone de surveillance : le drone rend service à un gardien de sécurité, agit sur des images de surveillance, et a pour but de surveiller.

### 1.4.2 Diagramme pieuvre

Le diagramme pieuvre ci-dessous illustre les principales interactions fonctionnelles d'un drone de surveillance avec son environnement. On y retrouve les acteurs, les flux d'information (images de surveillance), l'alimentation (batterie) et les contraintes (conditions climatiques).

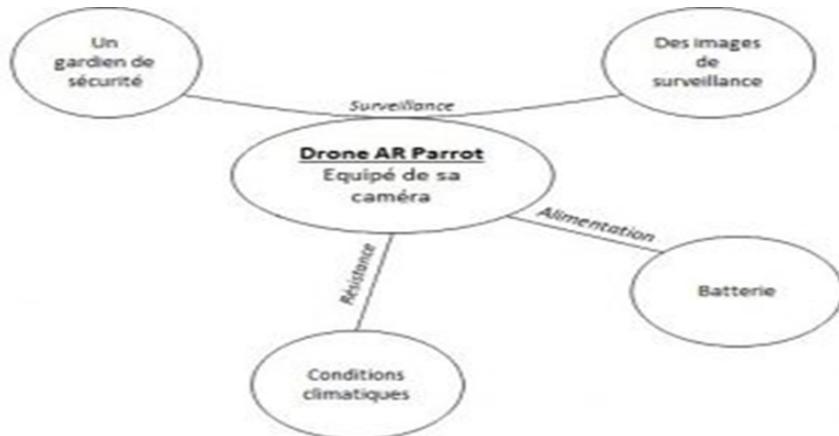


FIGURE 1.3 – Exemple de diagramme pieuvre pour un drone de surveillance : ce schéma met en évidence les interactions principales du drone avec son environnement.

### 1.4.3 Diagramme FAST

Le diagramme FAST (Function Analysis System Technique) permet de décomposer les fonctions du drone en arborescence, des fonctions principales aux solutions techniques.

- **FP1 : Se déplacer dans l'espace aérien** (fonction principale)
- **FP2 : Transporter une charge utile** (caméra, capteur, petit colis)
- **FP3 : Transmettre des informations** (vidéo, données de capteurs)
- **FC1 : Être alimenté électriquement** (batterie, gestion de l'énergie)
- **FC2 : Être piloté à distance** (télécommande, interface utilisateur)

- **FC3 : Assurer la sécurité des personnes et des biens** (protection, arrêt d'urgence)
- **FC4 : Résister aux conditions extérieures** (vent, pluie, chocs)

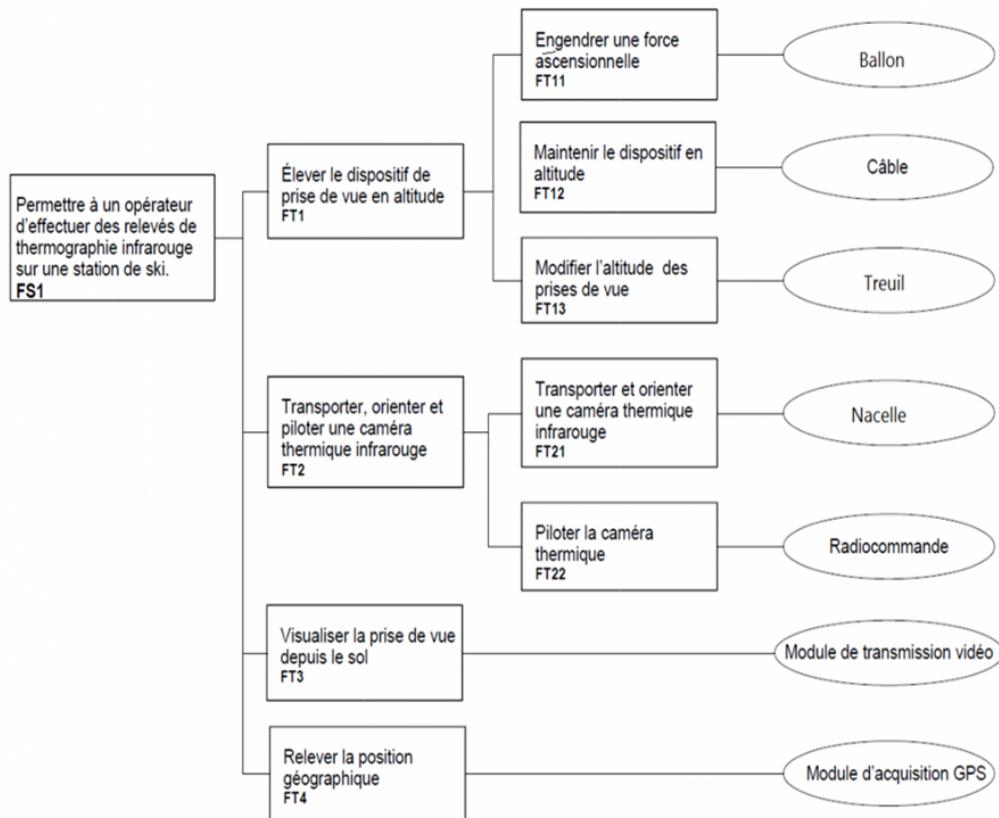


FIGURE 1.4 – Exemple de diagramme FAST : décomposition fonctionnelle d'un système de prise de vue aérienne pour la thermographie infrarouge.

#### 1.4.4 Contraintes

- **Réglementation** : Respecter les normes de sécurité et d'usage des drones civils
- **Poids** : Limiter la masse pour optimiser l'autonomie
- **Autonomie** : Assurer un temps de vol suffisant pour la mission
- **Robustesse** : Résister aux chocs et aux vibrations
- **Facilité d'utilisation** : Prise en main intuitive, maintenance aisée
- **Coût** : Rester dans un budget raisonnable

### 1.5 Cahier des charges

Le drone devait répondre aux spécifications suivantes :

- **Dimensions** : Envergure maximale de 400mm (entre axes des moteurs opposés)
- **Masse** : Masse totale n'excédant pas 500g (structure seule)
- **Propulsion** : Quatre moteurs brushless avec hélices de 120mm de diamètre

- **Structure** : Résistante aux vibrations et aux contraintes de vol
- **Ergonomie** : Système de prise en main ergonomique
- **Modularité** : Possibilité d'ajouter des accessoires (caméra, capteurs)
- **Fabrication** : Conception compatible avec les procédés d'injection plastique et d'usinage CNC

## 1.6 Les composantes du drone

Un drone est constitué de plusieurs éléments mécaniques, électroniques et logiciels qui travaillent ensemble pour le faire voler, le stabiliser et exécuter des tâches.

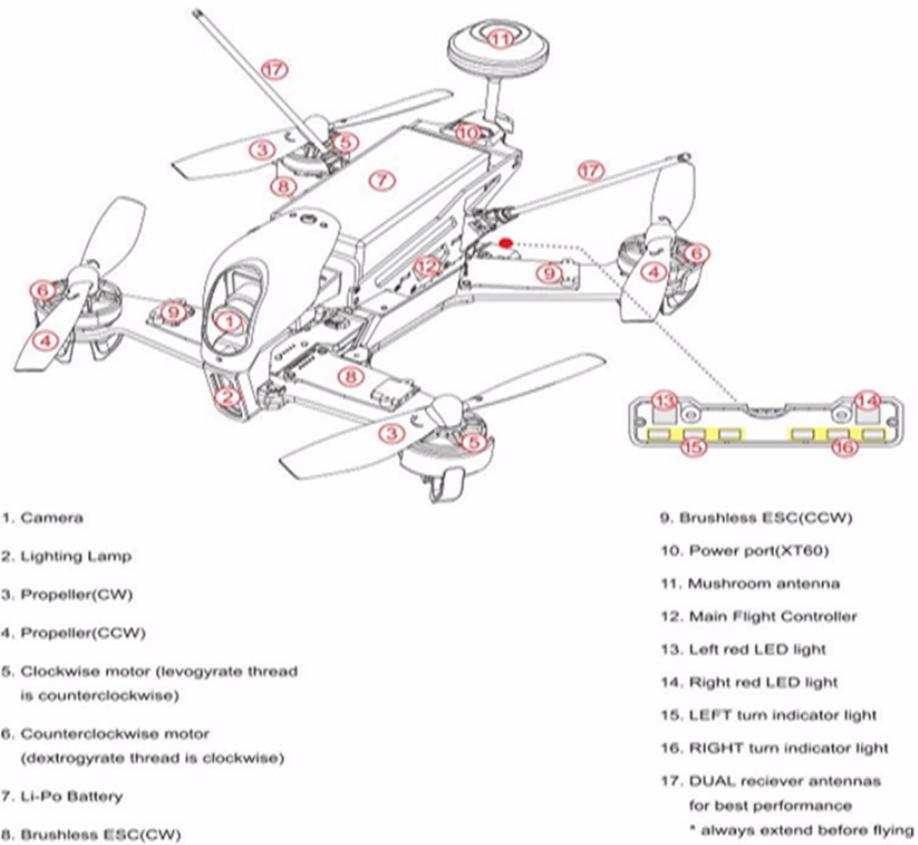


FIGURE 1.5 – Exemple de répartition des principales composantes d'un drone moderne (source : manuel constructeur).

## 1.7 Schéma cinématique et fonctionnement

L'étude du drone s'intéresse essentiellement à la partie du corps principal, comme le montre la figure ci-dessous :

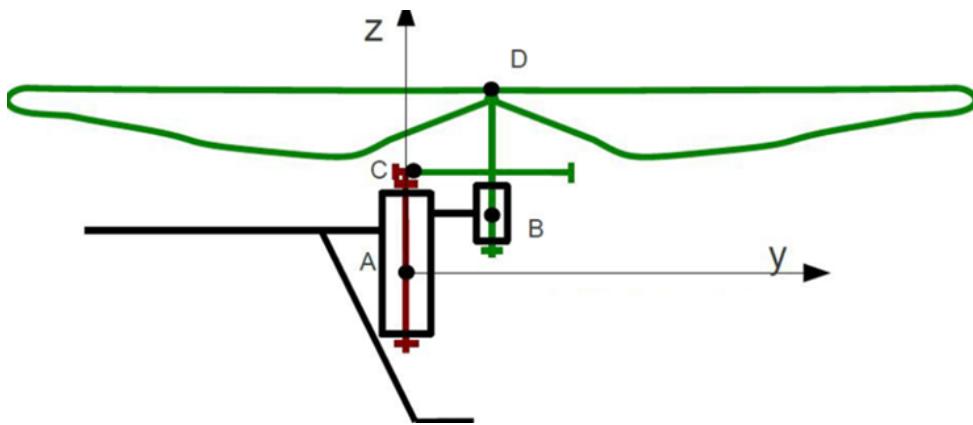


FIGURE 1.6 – Schéma cinématique d'un drone quadrirotor : axes de commande (gaz, lacet, roulis, tangage).

## Rôle des principaux éléments et liaisons cinématiques

**Hélices et rotors :** Les hélices sont fixées aux moteurs et forment une liaison pivot. En tournant, elles déplacent l'air et génèrent une portance verticale qui permet au drone de décoller et de manœuvrer. Chaque rotor crée un flux d'air vers le bas, produisant une force vers le haut selon le même principe qu'un hélicoptère.

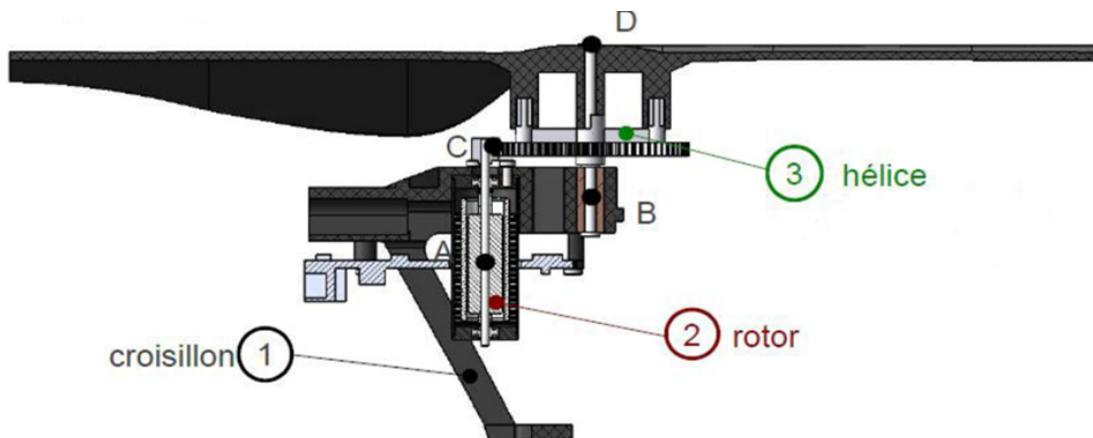


FIGURE 1.7 – Coupe d'un ensemble rotor-hélice-croisillon d'un drone.

**Croisillon :** Il joue un rôle fondamental dans la structure et la stabilité du drone, reliant les moteurs entre eux dans une configuration équilibrée. La liaison entre les moteurs et le croisillon est fixe (rigide), maintenant les moteurs solidaires de la structure.

## Types de liaisons dans l'architecture du drone

1. **Liaison rigide** entre le croisillon et les moteurs : fixation solide par vis ou écrous.
2. **Liaison pivot** pour les rotors : permet aux hélices de tourner autour de leur axe.

3. **Liaison structurelle** entre le croisillon et le corps central : maintient les bras du drone.
4. **Liaison amortie** ( facultative) : réduit les vibrations entre le croisillon et les composants électroniques.

## Principe de fonctionnement

Le contrôle du drone repose sur la variation différentielle de vitesse des moteurs. Le contrôleur de vol ajuste en temps réel la vitesse de chaque moteur pour :

- Contrôler l'altitude (gaz) : variation simultanée de la vitesse des quatre moteurs
- Contrôler le roulis et le tangage : variation opposée des paires de moteurs
- Contrôler le lacet : variation opposée de la vitesse entre moteurs tournant dans le même sens

Ce système intégré combine mécanique, électronique et logiciels pour garantir un vol stable et contrôlé.

## 1.8 Démarche adoptée

Pour réaliser ce projet, nous avons suivi une méthodologie structurée :

1. Étude de l'existant et analyse des solutions techniques
2. Conception préliminaire des différentes pièces
3. Validation technique par simulation numérique
4. Conception détaillée des composants
5. Assemblage virtuel et vérification des interférences
6. Réalisation des dessins de définition et d'ensemble

## 1.9 Outils utilisés

Pour réaliser ce projet, nous avons principalement utilisé CATIA V5, un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) développé par Dassault Systèmes. Ce logiciel nous a permis de modéliser les différentes pièces, de réaliser les assemblages et de générer les dessins techniques.

### 1.9.1 Modules CATIA utilisés

Plusieurs modules de CATIA V5 ont été mobilisés pour ce projet :

- **Part Design** : Pour la modélisation 3D des pièces
- **Assembly Design** : Pour l'assemblage des composants
- **Drafting** : Pour la création des dessins techniques
- **DMU Kinematics** : Pour la simulation des mouvements
- **Generative Shape Design** : Pour la création de surfaces complexes (hélices)



FIGURE 1.8 – Aperçu du drone quadrirotor conçu dans ce projet

Le rapport qui suit détaille l'ensemble du processus de conception, depuis la modélisation des pièces individuelles jusqu'à l'assemblage complet, en passant par les dessins techniques.

# Chapitre 2

## Conception des pièces

### 2.1 Liste des pièces modélisées

Dans ce projet, nous avons modélisé les pièces suivantes :

- Pièce 1 : Châssis central (corps principal)
- Pièce 2 : Bras de support des moteurs (4 pièces)
- Pièce 3 : Supports de moteur (4 pièces, fixés aux extrémités des bras)
- Pièce 4 : Hélices (4 pièces, de couleur bleue)
- Pièce 5 : Moteurs brushless (4 pièces)
- Pièce 6 : Support d'attache (en rouge)
- Pièce 7 : Éléments de fixation (vis et écrous pour l'assemblage)
- Pièce 8 : Capot de protection électronique

### 2.2 Procédures de modélisation

#### 2.2.1 Modélisation du châssis central

Pour modéliser le châssis central du drone, nous avons suivi les étapes suivantes :

1. **Création d'une esquisse sur le plan XY :**

- Dessin d'un octogone régulier comme base du châssis
- Application des contraintes de symétrie par rapport aux axes
- Cotation du diamètre extérieur à 160mm

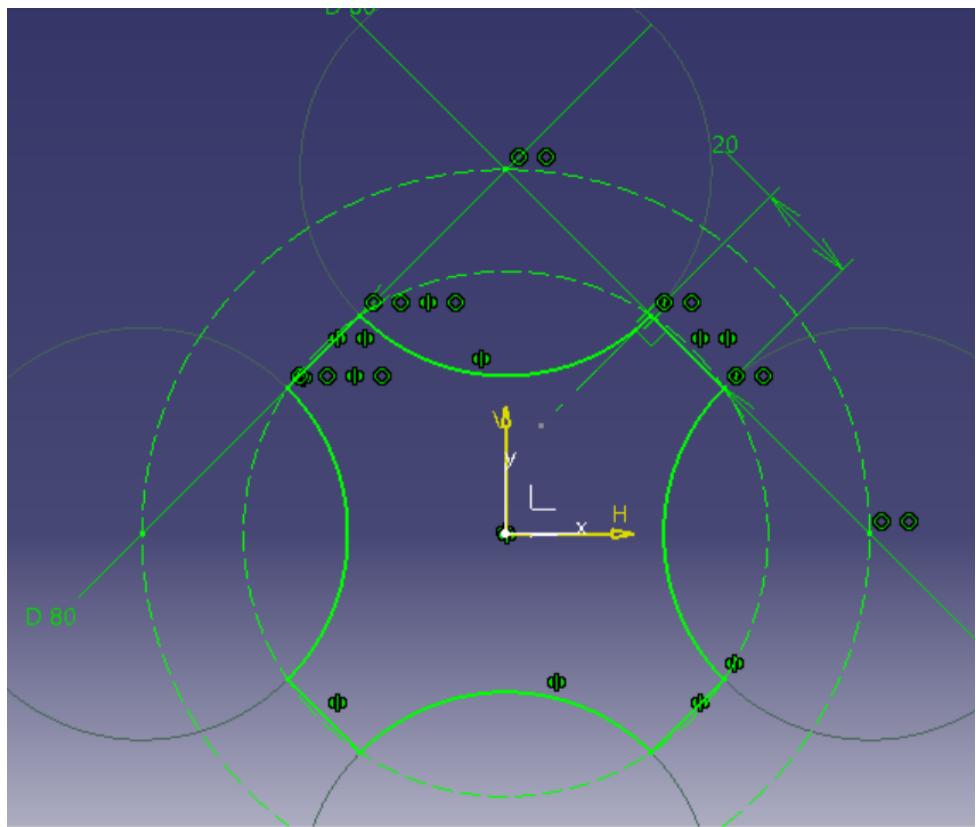


FIGURE 2.1 – Extrait du dessin de définition du châssis central

## 2. Extrusion (Pad) de l'esquisse :

- Extrusion de 20mm dans la direction Z positif

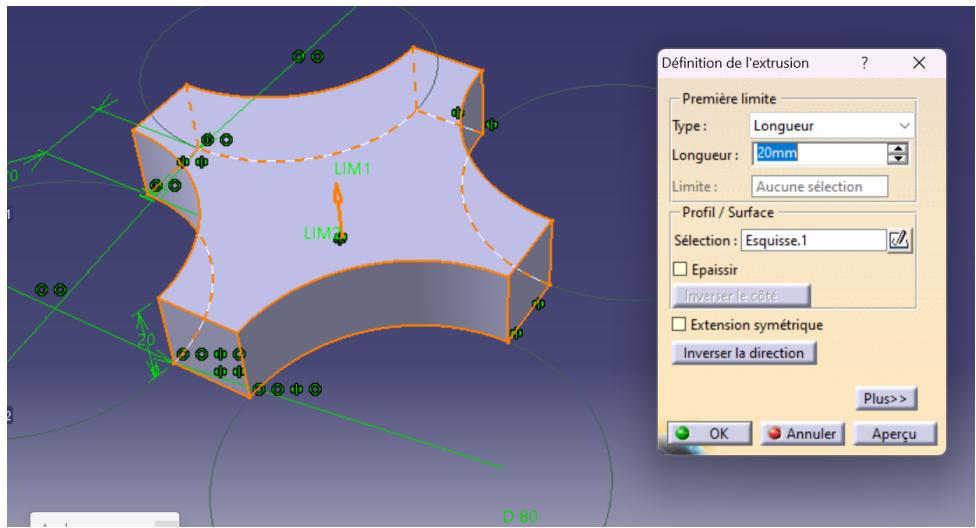


FIGURE 2.2 – Opération d'extrusion (Pad) du châssis central de 20mm

## 3. Crédation d'un trou taraudé :

- Définition d'un trou taraudé M8 sur la face avant du châssis
- Profondeur du trou : 10mm
- Type de taraudage : Métrique à pas épais
- Diamètre avant trou : M8 (7mm)

- Profondeur du taraudage : 10mm

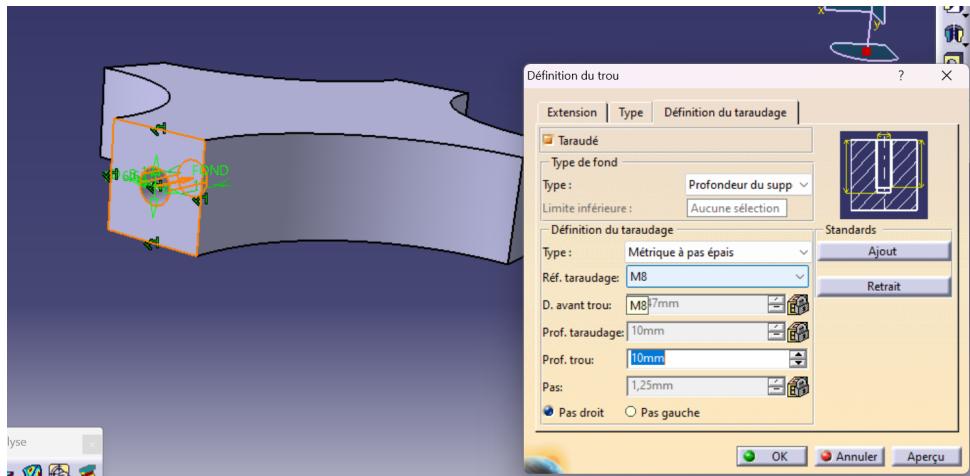


FIGURE 2.3 – Crédit d'un trou taraudé M8 dans le châssis central

#### 4. Création d'une répétition circulaire :

- Application d'un pattern circulaire (Circular Pattern) du trou taraudé
- Nombre d'instances : 4
- Espacement angulaire : 90 degrés (360° divisé en 4 instances)
- Référence axiale : axe central du châssis
- Composant à copier : trou.1

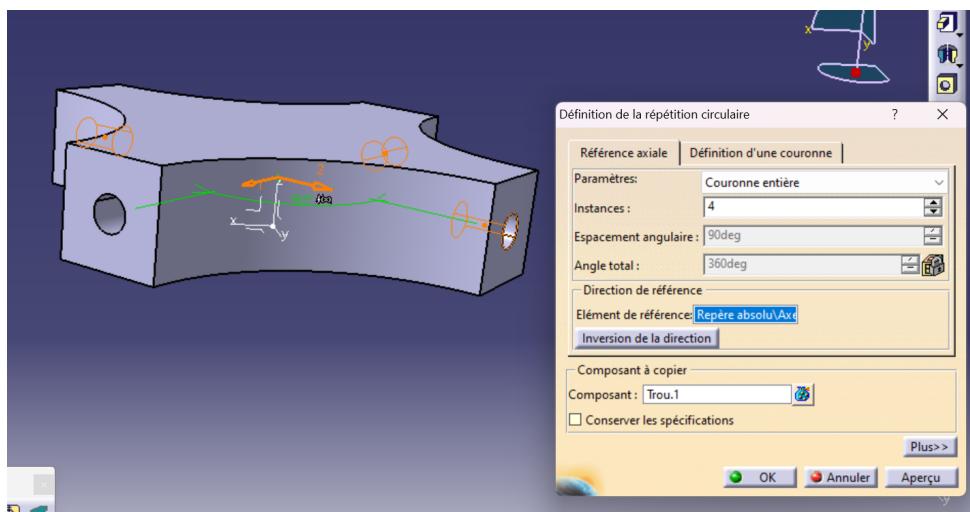


FIGURE 2.4 – Répétition circulaire des trous taraudés M8 à 90° d'intervalle

#### 5. Application de congés :

- Utilisation de la fonction Congé (Fillet) pour adoucir les arêtes
- Rayon du congé : 2mm
- Sélection des arêtes extérieures du châssis (2 éléments)
- Mode de sélection : Tangence

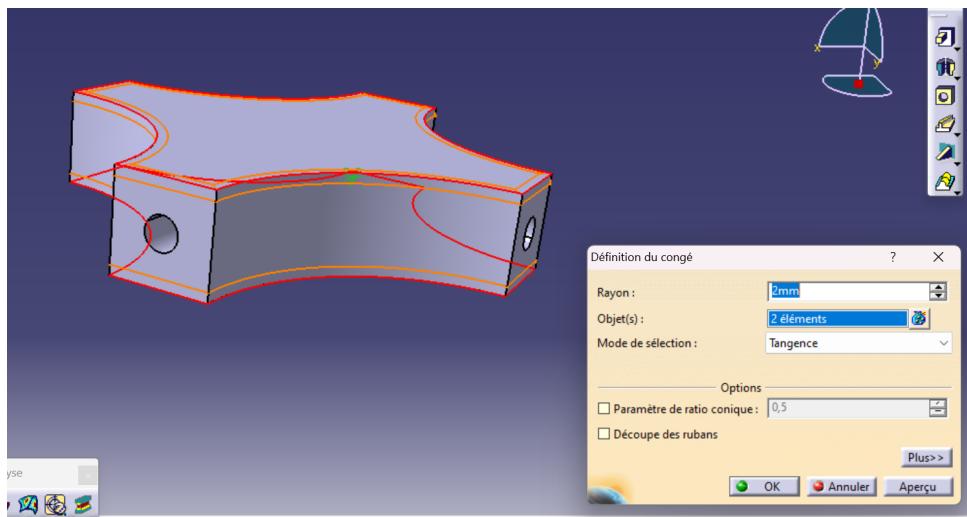


FIGURE 2.5 – Application de congés de rayon 2mm sur les arêtes du châssis

## 6. Création de poches pour la fixation des pieds :

- Création d'une nouvelle esquisse (Esquisse.4) sur la face supérieure du châssis
- Dessin des contours pour les emplacements des fixations des pieds
- Utilisation de la fonction Poche (Pocket) pour creuser ces emplacements
- Profondeur de la poche : 6mm
- Type : Longueur (type de limite standard)

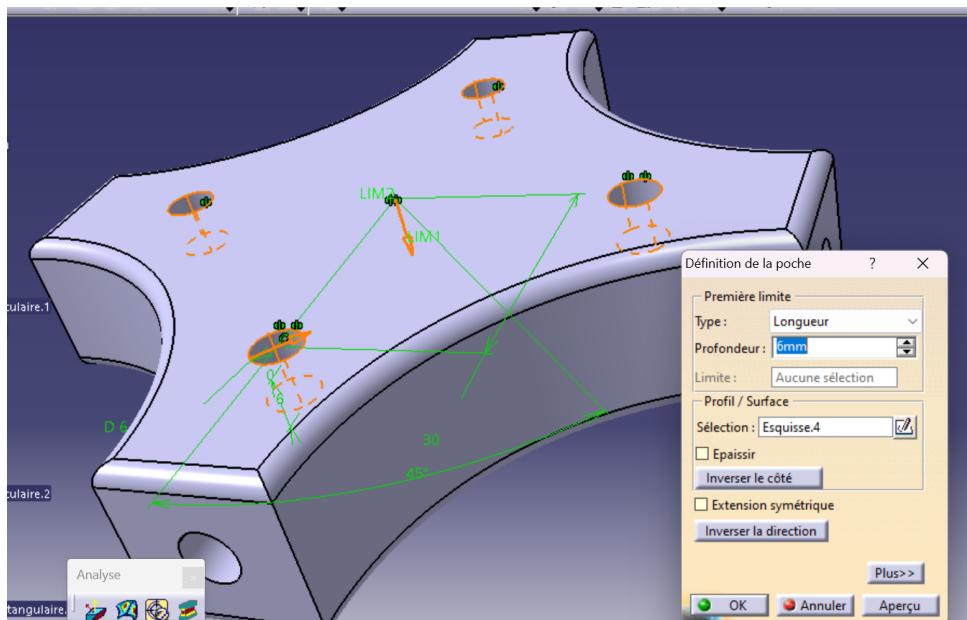


FIGURE 2.6 – Crédit : Création des poches pour la fixation des pieds du drone

## 7. Création de la poche centrale pour l'électronique :

- Création d'une nouvelle esquisse (Esquisse.5) au centre du châssis
- Dessin d'une forme ovale/elliptique pour optimiser l'espace disponible

- Utilisation de la fonction Poche (Pocket) pour créer le logement des composants
- Type de limite : Jusqu'au suivant
- Décalage : -4mm pour laisser une épaisseur suffisante au fond du châssis

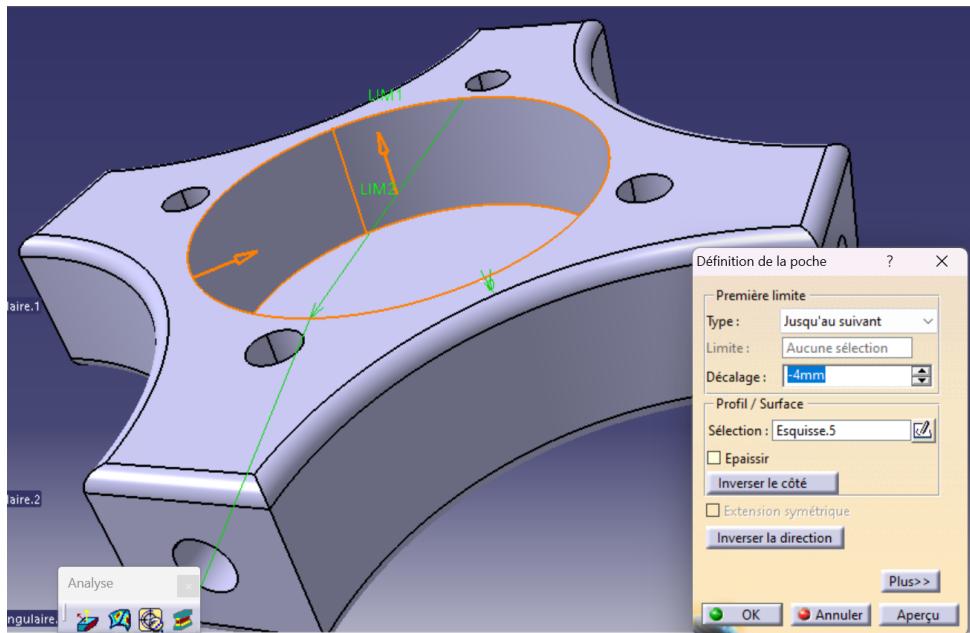


FIGURE 2.7 – Création de la poche centrale pour les composants électroniques et de contrôle

#### 8. **Création des nervures de renforcement :**

- Création d'une nouvelle esquisse (Esquisse.6) sur la face inférieure de la poche centrale
- Dessin d'un motif de nervures parallèles pour le renforcement structural
- Utilisation de la fonction Extrusion (Rib/Nervure) pour créer les éléments de renfort
- Première limite : Type "Jusqu'au suivant" avec décalage de 0mm
- Seconde limite : Type "Longueur" avec valeur -14mm (vers le bas)
- Épaississement de 1mm pour les nervures
- Option "Perpendiculaire au contour" sélectionnée

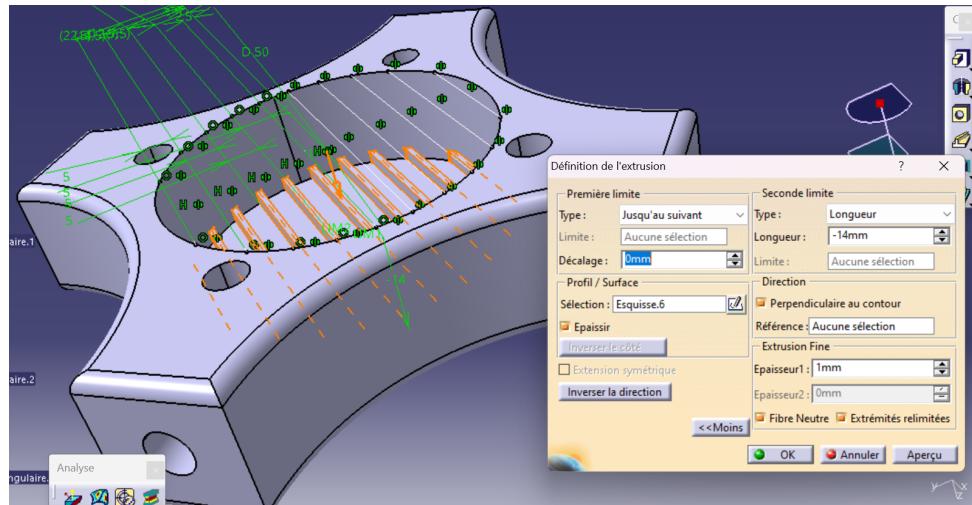


FIGURE 2.8 – Crédit : Screenshot d'un logiciel de CAO montrant la création de nervures de renforcement par extrusion.

#### 9. Répétition circulaire des nervures :

- Application d'un pattern circulaire (Circular Pattern) aux nervures de renforcement
- Composant à copier : Extrusion.2 (ensemble des nervures initiales)
- Nombre d'instances : 2
- Espacement angulaire : 90 degrés
- Angle total : 90 degrés (pour une disposition orthogonale)
- Élément de référence : Repère absolu/Axe
- Création d'un motif en quadrillage pour un renforcement optimal

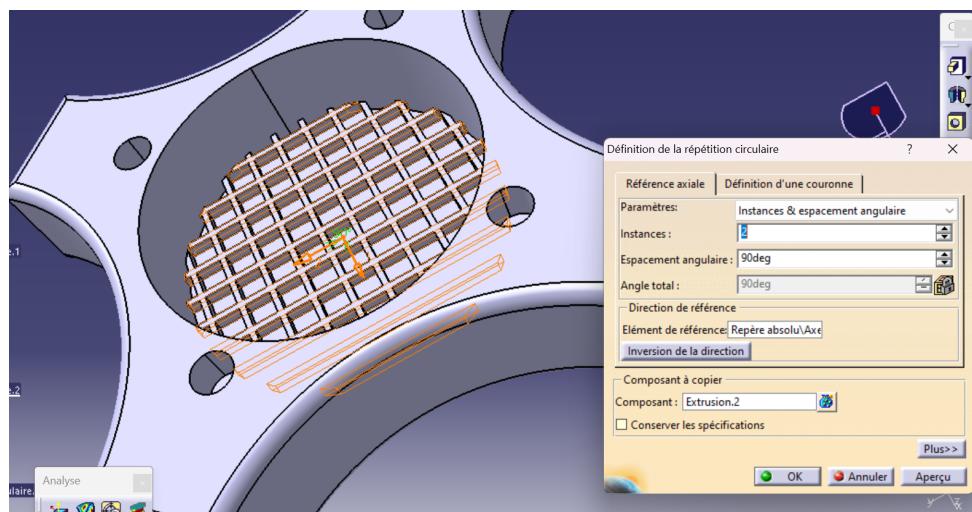


FIGURE 2.9 – Répétition circulaire des nervures formant un quadrillage de renforcement.

#### 10. Crédit : Screenshot d'un logiciel de CAO montrant la création de supports de fixation pour le couvercle :

- Crédit : Screenshot d'un logiciel de CAO montrant la création de supports de fixation pour le couvercle :
- Utilisation de la fonction Extrusion (Pad/Extrusion) pour créer les piliers de fixation

- Première limite : Type "Jusqu'au plan" avec la face de la poche comme référence
- Seconde limite : Type "Jusqu'au plan" avec décalage de 1mm
- Utilisation d'un profil rectangulaire aux intersections des nervures
- Ces supports recevront ultérieurement un taraudage pour la fixation du couvercle

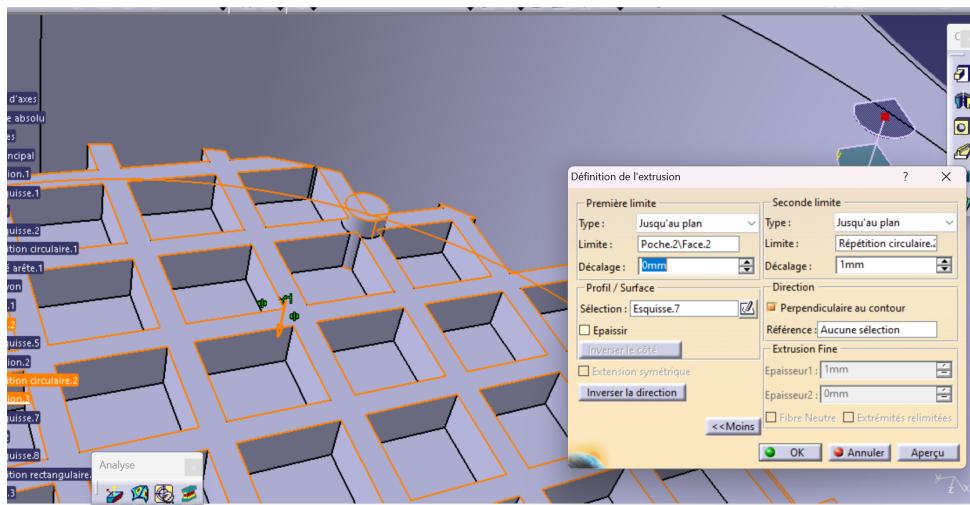


FIGURE 2.10 – Crédit des supports pour la fixation du couvercle au châssis

### 11. Crédit des taraudages pour le couvercle :

- Utilisation de la fonction Trou (Hole) avec l'option Taraudé
- Type de taraudage : Métrique à pas épais
- Référence de taraudage : M1.6
- Diamètre avant trou : 1,221mm
- Profondeur de taraudage : 6mm
- Profondeur de trou : 6mm
- Pas : 0,35mm
- Option "Pas droit" sélectionnée
- Ces taraudages permettront de fixer solidement le couvercle protégeant l'électronique

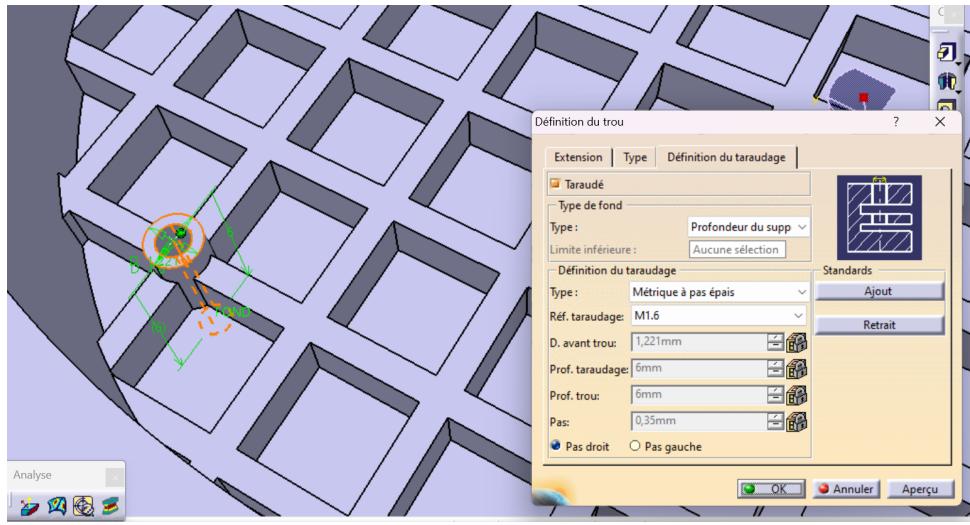


FIGURE 2.11 – Crédit : Logiciel de CAO

## 12. Répétition rectangulaire des taraudages :

- Application d'un pattern rectangulaire (Rectangular Pattern) aux taraudages
- Composant à copier : Trou.2 (taraudage M1.6 initial)
- Paramètres : Instances & espacement
- Première direction : 2 instances avec un espace de 25mm
- Longueur totale : 25mm
- Élément de référence : Repère absolu/Axe
- Cette répétition crée un ensemble de taraudages uniformément répartis
- Les points de fixation aux quatre coins garantissent une fermeture stable du couvercle

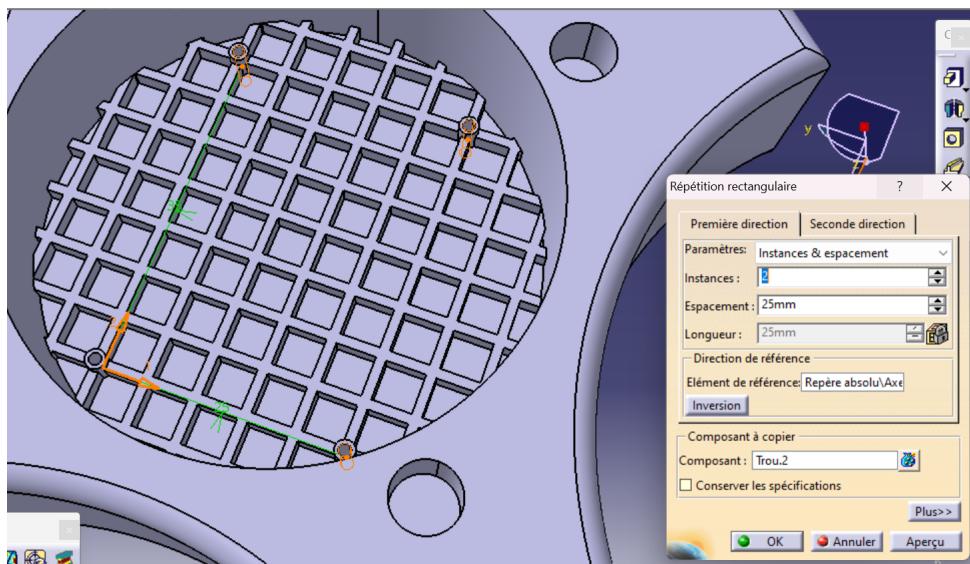


FIGURE 2.12 – Répétition rectangulaire des taraudages pour la fixation du couvercle

## 13. Création du logement pour le centrage du couvercle :

- Création d'une nouvelle esquisse (Esquisse.10) sur la face supérieure du châssis

- Dessin d'un cercle concentrique définissant le contour du couvercle
- Utilisation de la fonction Poche (Pocket) pour créer un léger rebord
- Profondeur de la poche : 2mm
- Type : Longueur (type de limite standard)
- Ce rebord circulaire servira à positionner et centrer précisément le couvercle
- Il permettra également d'assurer l'étanchéité de la zone des composants électroniques

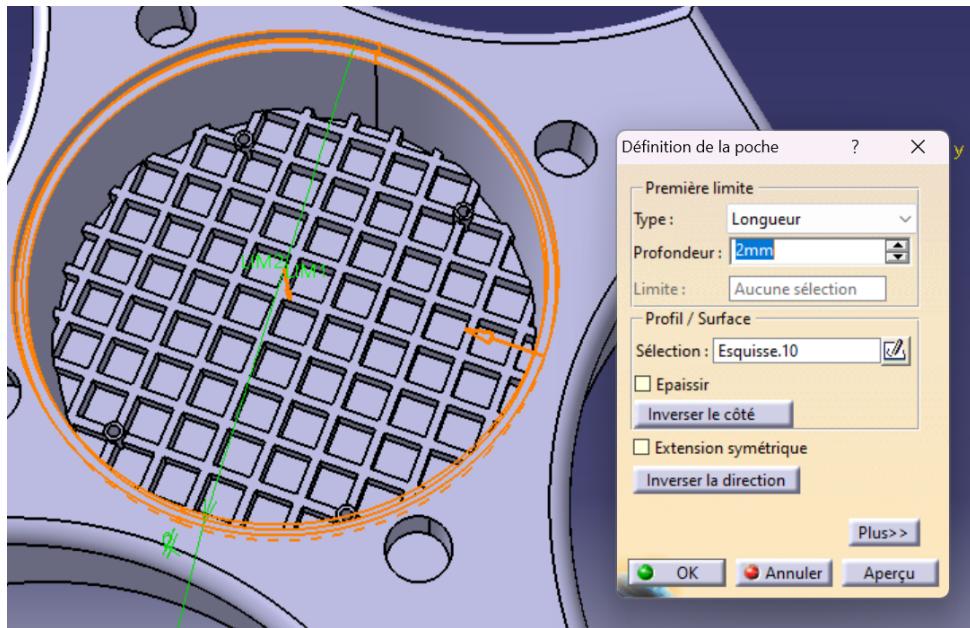


FIGURE 2.13 – Création du logement circulaire pour le centrage du couvercle de protection

#### 14. Finalisation du châssis central :

- Le châssis central est maintenant terminé avec toutes ses fonctionnalités intégrées
- La pièce finale comprend les éléments suivants :
  - Un corps principal extrudé de 20mm d'épaisseur
  - Quatre trous taraudés M8 pour la fixation des bras, disposés à 90° d'intervalle
  - Des congés de 2mm sur les arêtes extérieures pour améliorer l'ergonomie et la résistance
  - Des poches pour la fixation des pieds du drone
  - Une cavité centrale pour loger les composants électroniques
  - Une structure de renforcement en quadrillage pour optimiser le rapport résistance/poids
  - Des points de fixation avec taraudages M1.6 pour le couvercle de protection
  - Un rebord circulaire de 2mm de profondeur pour le centrage précis du couvercle
- Cette pièce centrale constitue le cœur structurel du drone, intégrant harmonieusement les fonctions mécaniques et les considérations d'assemblage

## 2.2.2 Modélisation des bras de support

Pour modéliser les bras qui supportent les moteurs, nous avons procédé comme suit :

### 1. Modélisation du tube de liaison :

- Création d'une esquisse (Esquisse.2) avec deux cercles concentriques
- Cercle extérieur de diamètre 10mm
- Cercle intérieur de diamètre 8mm (épaisseur de paroi de 1mm)
- Utilisation de la fonction Extrusion (Pad) pour créer le corps cylindrique
- Longueur d'extrusion : 30mm avec l'option d'extension symétrique activée
- Longueur totale obtenue : 60mm (30mm de chaque côté du plan d'esquisse)
- Le profil tubulaire permet un excellent rapport résistance/poids
- L'aluminium a été choisi pour sa légèreté et sa bonne résistance mécanique

### 2. Crédit des fixations hélicoïdales :

- Ajout de filetages aux extrémités du tube pour la fixation
- Utilisation de la fonction filetage/taraudage (Thread/Tap) intégrée à CATIA V5
- Sélection de l'option "Filetage" (option sélectionnée dans l'interface)
- Définition géométrique :
  - Face latérale : Taraudage.1/Face.1
  - Face limite : Taraudage.1/Face.3
- Définition numérique du filetage :
  - Type : Métrique pas gros
  - Référence : M8
  - Diamètre du support : 8mm (diamètre intérieur du tube)
  - Profondeur de taraudage : 10mm
  - Hauteur du support : 60mm (longueur totale du tube)
  - Pas : 1,25mm
  - Option "Pas droit" sélectionnée
- Cette opération est répétée identiquement sur les deux extrémités du tube
- Avantages de cette solution :
  - Liaison solide et précise avec le châssis et le support moteur
  - Facilité de montage/démontage pour la maintenance
  - Résistance optimale aux vibrations des moteurs
  - Design minimaliste sans pièces supplémentaires

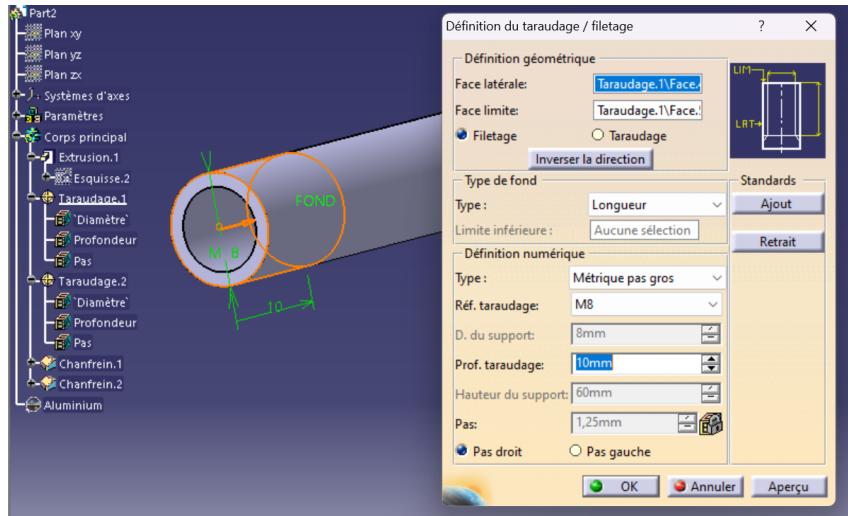


FIGURE 2.14 – Création du filetage M8 aux extrémités du tube de liaison

### 3. Finalisation du tube de liaison :

- Le tube de liaison est maintenant terminé, prêt à être intégré dans l'assemblage
- Caractéristiques principales de cette pièce :
  - Structure tubulaire en aluminium offrant un excellent rapport résistance/poids
  - Diamètre extérieur de 10mm et intérieur de 8mm (épaisseur de paroi de 1mm)
  - Longueur totale de 60mm permettant l'écartement optimal des moteurs
  - Filetages M8 (pas 1,25mm) aux deux extrémités pour la connexion avec les autres pièces
  - Passage interne pour les câbles électriques des moteurs
- Finitions appliquées :
  - Ajout de chanfreins de 0,5 mm aux extrémités du tube pour faciliter l'insertion et éviter les bavures
  - Utilisation des fonctions Chanfrein.1 et Chanfrein.2 visible dans l'arborescence du modèle
  - Cette finition améliore à la fois l'aspect esthétique et la sécurité lors de la manipulation
- Cette conception minimalistre remplit parfaitement les objectifs d'allègement de la structure tout en maintenant la rigidité nécessaire pour un drone performant

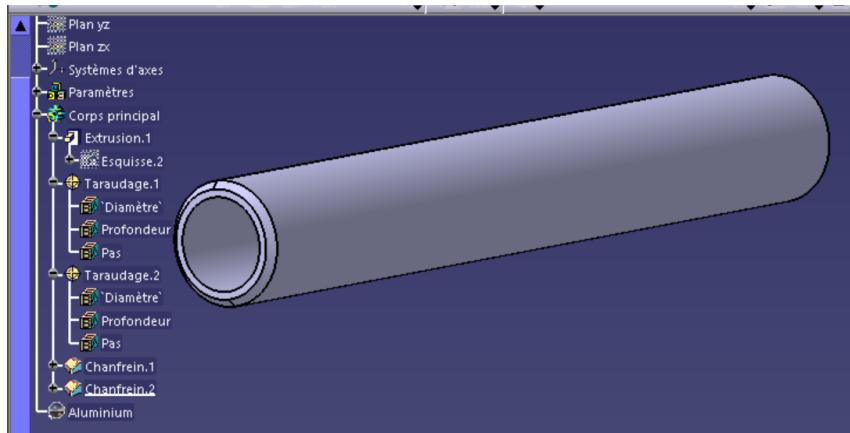


FIGURE 2.15 – Vue finale du tube de liaison avec l’arborescence complète (taraudages et chanfreins)

Cette pièce de liaison constitue un élément essentiel dans l’architecture du drone, permettant de relier le châssis central aux supports moteurs de façon légère et robuste. Sa conception tubulaire avec filetages intégrés illustre parfaitement l’approche d’optimisation mécanique nécessaire dans le domaine des drones, où chaque gramme économisé permet d’augmenter l’autonomie de vol.

### 2.2.3 Modélisation des supports de moteur

Pour modéliser les supports de moteur qui servent d’interface entre les bras et les moteurs, nous avons procédé comme suit :

1. **Création d’une esquisse sur le plan supérieur du bras :**
  - Dessin d’un cercle de diamètre 30mm centré sur l’extrémité du bras
  - Application des contraintes de concentricité avec l’axe central du bras
2. **Opération de multi-extrusion :**
  - Utilisation de la fonction multi-extrusion pour générer l’épaisseur du support
  - Paramétrage de deux domaines d’extrusion : 2mm et 10mm

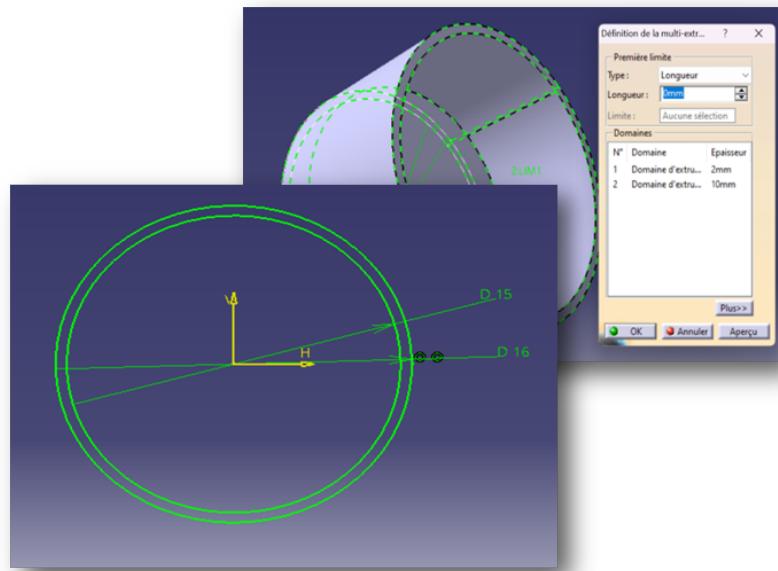


FIGURE 2.16 – Opération de multi-extrusion sur l'esquisse du support de moteur

### 3. Création de l'évidement central :

- Création d'un plan décalé à la distance souhaitée depuis la base du support
- Réalisation d'une esquisse circulaire sur ce plan pour définir l'évidement (diamètre intérieur)
- Utilisation de l'opération d'extrusion "jusqu'au suivant" pour percer le support selon l'esquisse

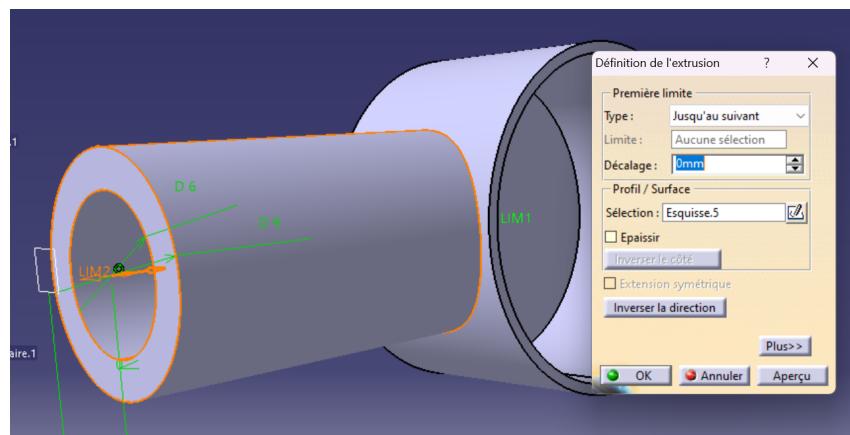


FIGURE 2.17 – Extrusion de l'évidement central du support de moteur à partir d'un plan décalé

### 4. Création des points de fixation :

- Création d'une poche (Pocket) pour préparer la zone d'implantation des trous de fixation
- Réalisation d'une extrusion locale pour donner l'épaisseur nécessaire autour des futurs trous
- Perçage d'un premier trou de fixation (Trou.2) selon la norme de montage des moteurs brushless

- Application d'une répétition circulaire (Circular Pattern) du trou autour de l'axe central
- Paramètres : 4 instances, espacement angulaire  $90^\circ$ , angle total  $360^\circ$ , référence axiale : Repère absolu/Axe

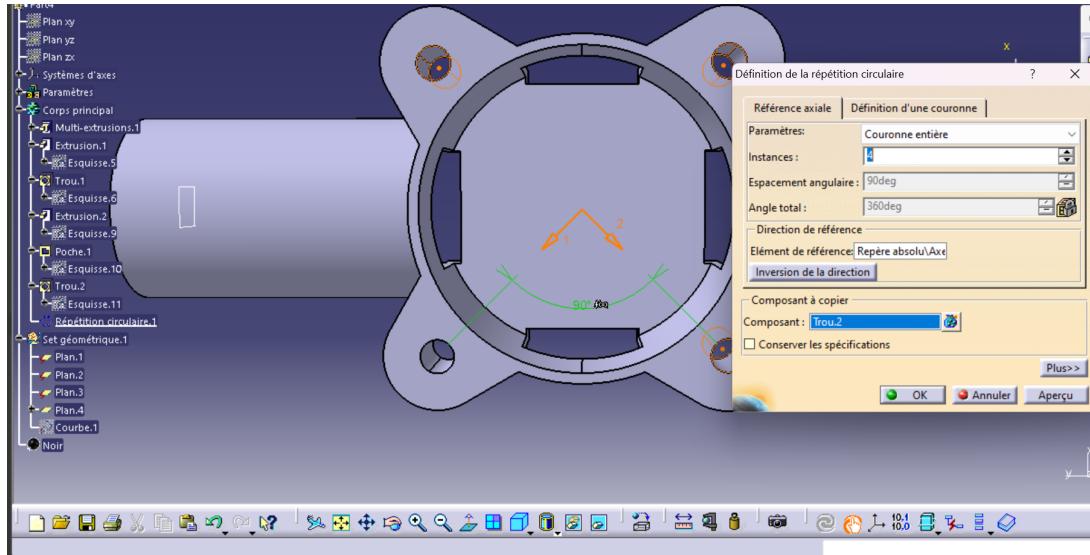


FIGURE 2.18 – Répétition circulaire des trous de fixation sur le support de moteur (CATIA V5)

### 5. Finitions :

- Application de congés de rayon 1mm sur toutes les arêtes exposées
- Chanfreins de  $0.5 \times 45^\circ$  autour des trous de fixation

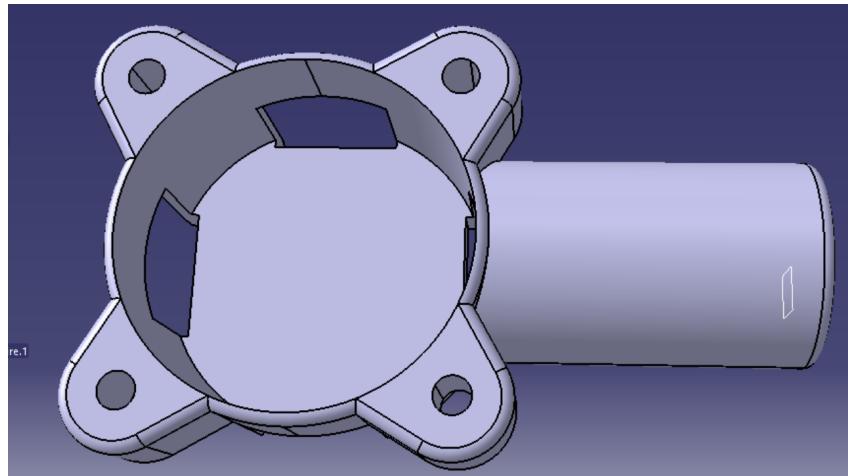


FIGURE 2.19 – Vue 3D du support de moteur finalisé avec tous les détails

### 2.2.4 Modélisation des hélices

Pour modéliser les hélices de couleur bleue, nous avons procédé comme suit :

#### 1. Création de la géométrie de base de l'hélice :

- Création d'un cercle représentant le moyeu central de l'hélice.

- Ajout d'un point sur le cercle pour définir le départ de la pale.
- Utilisation de l'atelier Generative Shape Design pour générer une courbe hélicoïdale à partir du point créé sur le cercle.
- Création d'un second cercle, concentrique au premier, représentant la longueur maximale de la pale.
- Réalisation d'une extrusion surfacique de ce cercle pour obtenir un cylindre de référence.
- Projection de la première hélice sur la surface du cylindre pour obtenir deux courbes hélicoïdales :
  - Une sur le cylindre intérieur (rayon min)
  - Une sur le cylindre extérieur (rayon max)
- Création de courbes de liaison entre les deux hélices pour définir le profil de la pale.
- Utilisation de la fonction "remplissage surfacique" pour générer une surface entre les deux courbes hélicoïdales.
- Application d'une opération de découpe pour obtenir la forme définitive de la pale d'hélice.

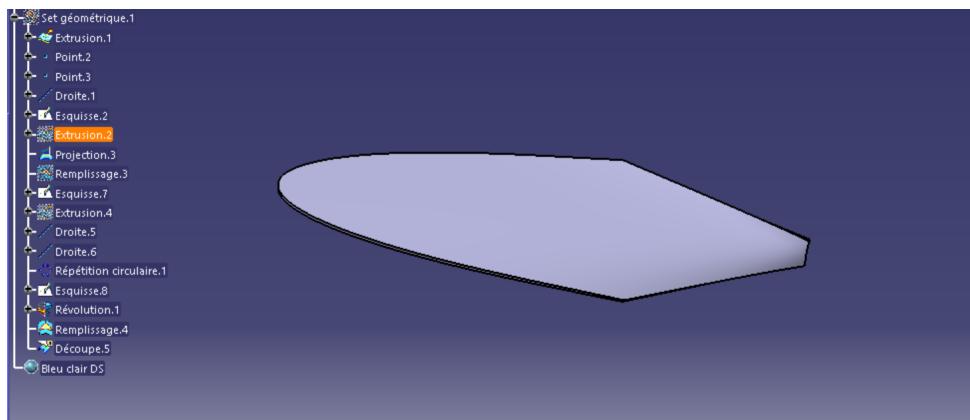


FIGURE 2.20 – Étapes de création de la surface de l'hélice à partir de l'esquisse et de l'extrusion surfacique

## 2. **Finitions :**

- Application d'un congé sur les bords d'attaque et de fuite des pales
- Réalisation d'un trou central pour la fixation sur l'axe du moteur

## 3. **Duplication :**

- Utilisation de la fonction répétition circulaire pour répliquer les hélices de deuxième côté

## 4. **Application du matériau :**

- Application d'un matériau plastique léger
- Attribution de la couleur bleue (propriété visible sur l'image)

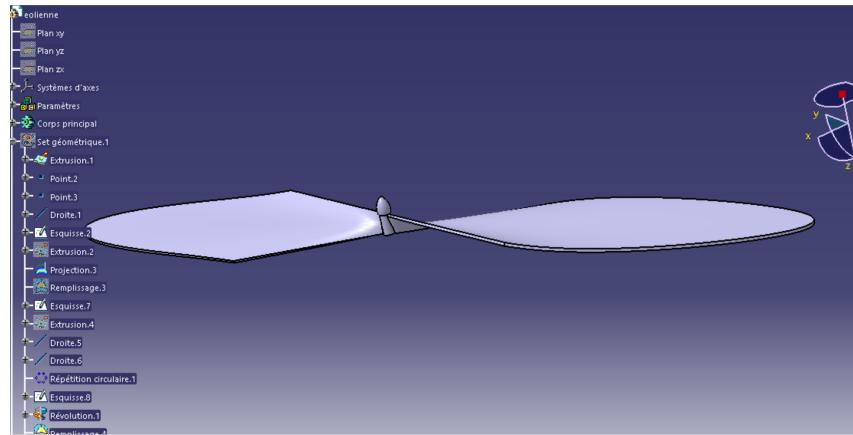


FIGURE 2.2.1 – Extrait du dessin de définition d'une hélice

## 2.2.5 Modélisation du support d'attache

Pour modéliser le support d'attache, nous avons procédé comme suit :

### 1. Définition de la géométrie du guide

- Définition des coordonnées de chaque point clé du support dans l'espace 3D.
- Utilisation de la fonction "Spline" pour créer une courbe passant par tous ces points, formant ainsi le guide du support.
- Application de contraintes de tangence pour garantir la continuité et la douceur de la courbe.

### 2. Crédation du profil et génération du volume

- Tracé d'un profil circulaire (section du tube) dans une esquisse positionnée à l'extrémité du guide.
- Utilisation de l'opération "Nervure" (Rib) pour balayer le profil circulaire le long du guide spline, générant ainsi la forme tubulaire du support d'attache.

### 3. Opération de coque (Shell)

- Application de l'opération "Coque" pour évider l'intérieur du support, simulant ainsi la fabrication réelle par formage d'un tube.

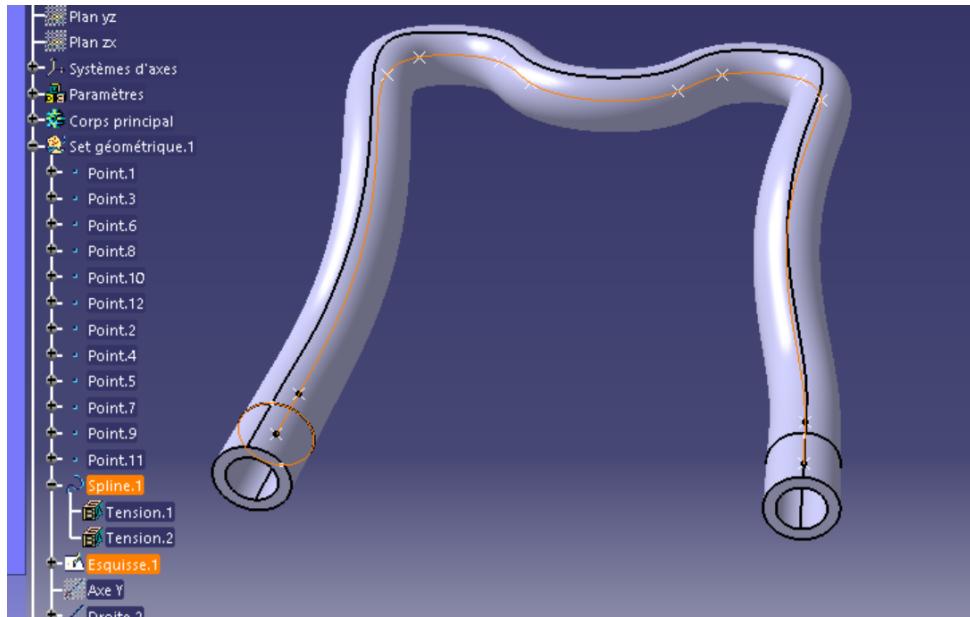


FIGURE 2.22 – Création du support d'attache par balayage d'un profil circulaire le long d'une courbe spline, puis évidemment par opération de coque

## 2.2.6 Modélisation du capot de protection électronique

Le capot de protection électronique a été modélisé selon les étapes suivantes :

- Multi-extrusion de la base du capot pour obtenir différentes épaisseurs selon les zones.

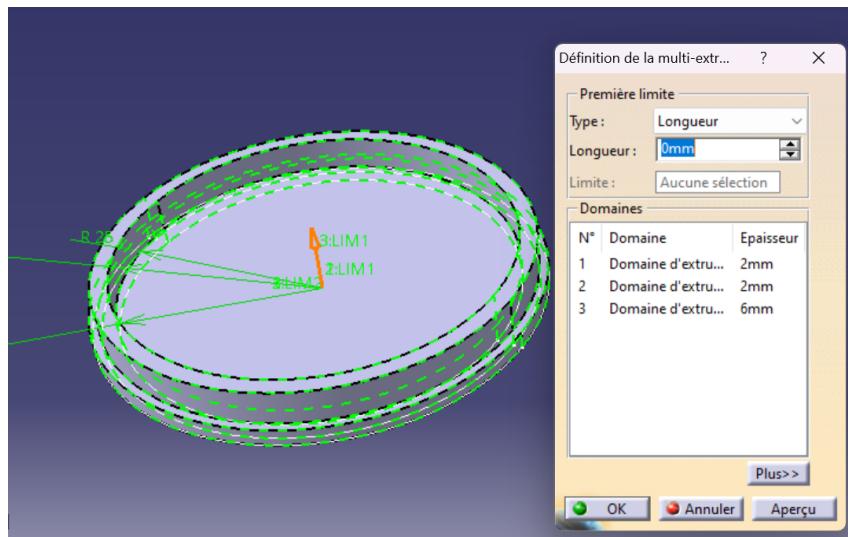


FIGURE 2.23 – Multi-extrusion de la base du capot de protection électronique

- Ajout de nervures de renfort à l'aide de l'atelier Generative Shape Design pour rigidifier la structure.

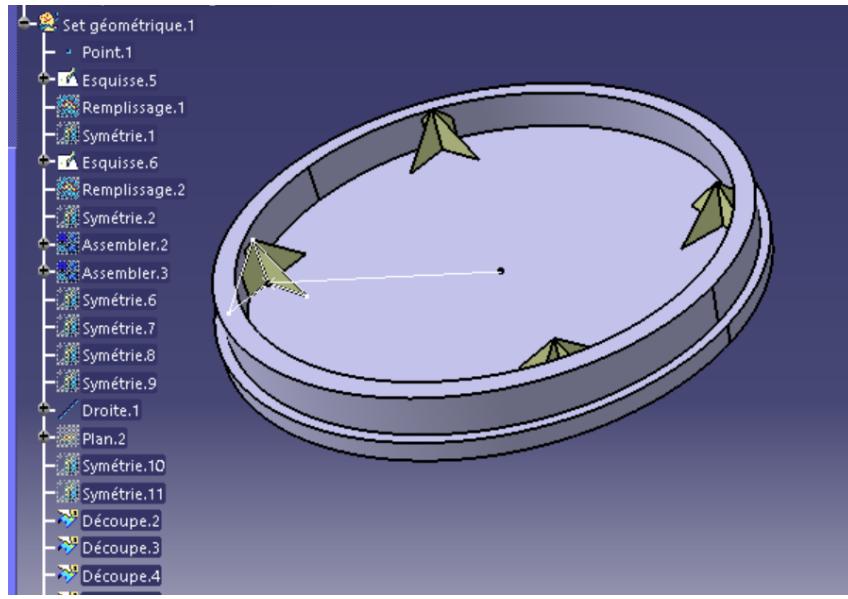


FIGURE 2.24 – Ajout des nervures de renfort sur le capot

- Ajout de bossages (pousages) qui recevront par la suite les trous de fixation.

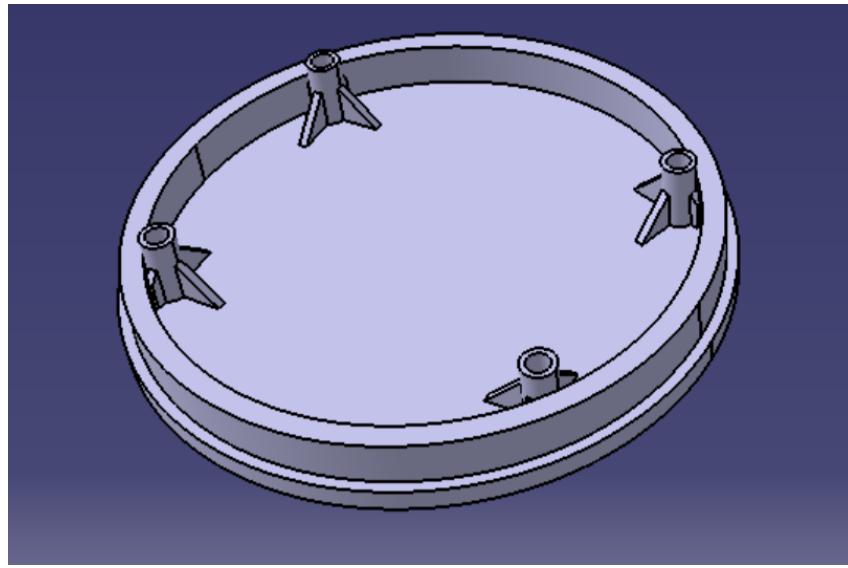


FIGURE 2.25 – Ajout des bossages et perçage des trous de fixation sur le capot

- Réalisation des trous de fixation dans les bossages pour permettre l'assemblage du capot sur le châssis.

### 2.2.7 Modélisation des éléments de fixation

Les éléments de fixation utilisés dans ce projet sont des composants standards issus des catalogues ISO. Ils ont été importés ou modélisés selon les normes en vigueur, ce qui garantit leur compatibilité et leur disponibilité industrielle.

- 4 vis pour la fixation de chaque moteur sur son support (exemple : ISO 1207 M2x5, tête fendue)

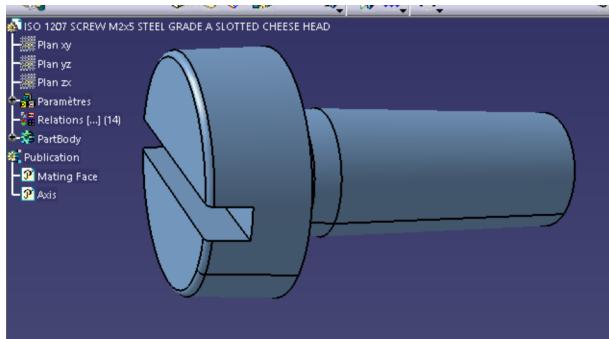


FIGURE 2.26 – Vis standard ISO 1207 M2x5 pour la fixation des moteurs

- 4 vis pour la fixation du capot de protection sur le bâti central (exemple : ISO 1207 M1.6x16, tête fendue)

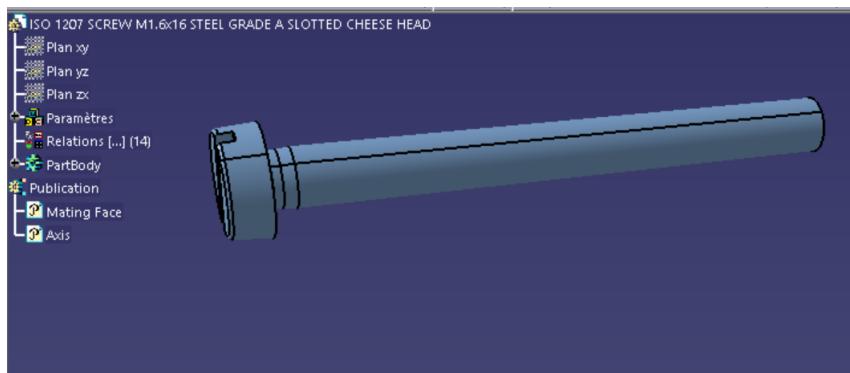


FIGURE 2.27 – Vis standard ISO 1207 M1.6x16 pour la fixation du capot

L'utilisation de ces éléments standards permet d'assurer la fiabilité de l'assemblage, la facilité de maintenance et le remplacement rapide en cas de besoin.

## 2.2.8 Modélisation et choix du moteur

Pour l'entraînement du drone, quatre moteurs identiques ont été sélectionnés. Ces moteurs proviennent d'un catalogue industriel (exemple : <https://www.traceparts.com>) afin de garantir la fiabilité, la disponibilité et la conformité aux normes.

- Les caractéristiques principales du moteur choisi sont les suivantes :
  - Diamètre d'alésage : 35 mm
  - Diamètre extérieur : 72 mm
  - Largeur : 17 mm
  - Angle de contact : 25°
  - Capacité de charge dynamique : 35,5 kN
  - Capacité de charge statique : 23,2 kN
  - Vitesse de référence : 12 000 tr/min
  - Vitesse limite : 19 000 tr/min
  - Classe de performance : SKF Explorer

Dimensions	Performance
Bore diameter	35 mm
Outside diameter	72 mm
Width	17 mm
Contact angle	25 °
Basic dynamic load rating	35.5 kN
Basic static load rating	23.2 kN
Reference speed	12 000 r/min
Limiting speed	19 000 r/min
SKF performance class	SKF Explorer
Properties	Logistics

FIGURE 2.28 – Caractéristiques techniques du moteur sélectionné (extrait de catalogue)

- Le modèle 3D du moteur a été importé ou modélisé à partir des données du fournisseur pour garantir la compatibilité avec le support moteur et l'ensemble du drone.

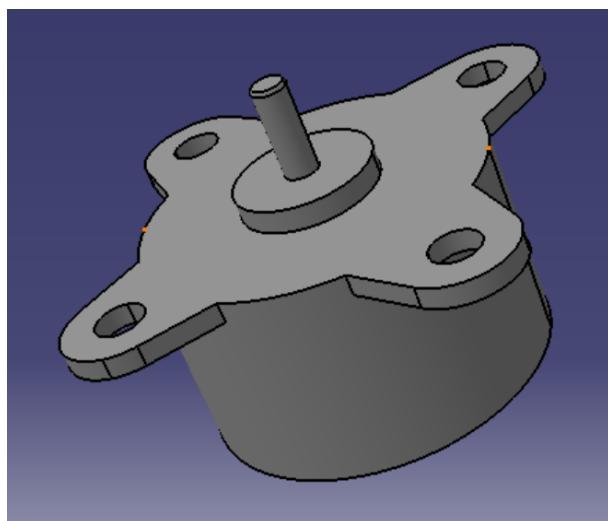


FIGURE 2.29 – Modélisation 3D du moteur utilisé pour l'entraînement du drone

L'utilisation de moteurs standards issus de catalogue permet d'assurer la robustesse, la maintenance aisée et la disponibilité des pièces de rechange.

# Chapitre 3

## Assemblage

### 3.1 Structure de l'assemblage

L'assemblage complet du drone quadrirotor est composé des éléments suivants :

- Châssis central (corps principal)
- Bras de support (4 pièces)
- Support de moteur (4 pièces)
- Capot de protection électronique
- Moteurs brushless (4 pièces)
- Hélices (4 pièces)
- Support d'attache (2 pièces)
- Système de fixation pour accessoires

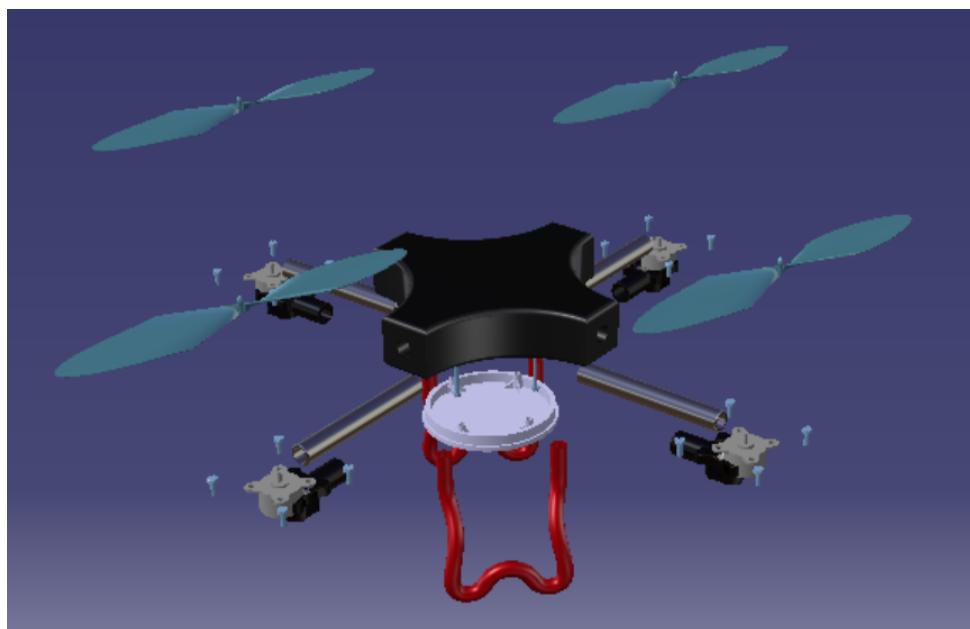


FIGURE 3.1 – Vue éclatée du drone quadrirotor réalisée sous CATIA V5

## 3.2 Contraintes d'assemblage

Pour réaliser l'assemblage du drone, nous avons utilisé les contraintes suivantes :

- **Contraintes de positionnement du châssis :**
  - Fixation du châssis central comme pièce de référence
  - Positionnement dans le plan XY avec l'axe Z représentant la hauteur
- **Contraintes des bras de support :**
  - Contrainte de coïncidence entre les trous de fixation des bras et ceux du châssis
  - Contrainte de contact entre la face inférieure des bras et la face supérieure du châssis
  - Contrainte angulaire pour l'espacement régulier à 90° entre chaque bras
- **Contraintes des moteurs :**
  - Contrainte de coïncidence entre l'axe du moteur et l'axe du trou dans le support de moteur
  - Contrainte de contact entre la base du moteur et la face du support moteur
  - Contrainte angulaire pour l'orientation correcte des points de fixation
- **Contraintes des supports de moteur :**
  - Contrainte de coïncidence entre l'axe du support et l'axe de l'extrémité du bras
  - Contrainte de contact entre la face inférieure du support et la face supérieure du bras
  - Contrainte d'alignement des trous de fixation entre le support et le bras
- **Contraintes des hélices :**
  - Contrainte de coïncidence entre l'axe de l'hélice et l'axe du moteur
  - Contrainte de distance pour le positionnement en hauteur
  - Contrainte d'orientation pour les sens de rotation opposés (horaire/anti-horaire)
- **Contraintes du support d'attache :**
  - Contrainte de coïncidence entre les trous de fixation du support et ceux du châssis
  - Contrainte de contact entre la face supérieure du support et la face inférieure du châssis
  - Contrainte de symétrie par rapport au plan central

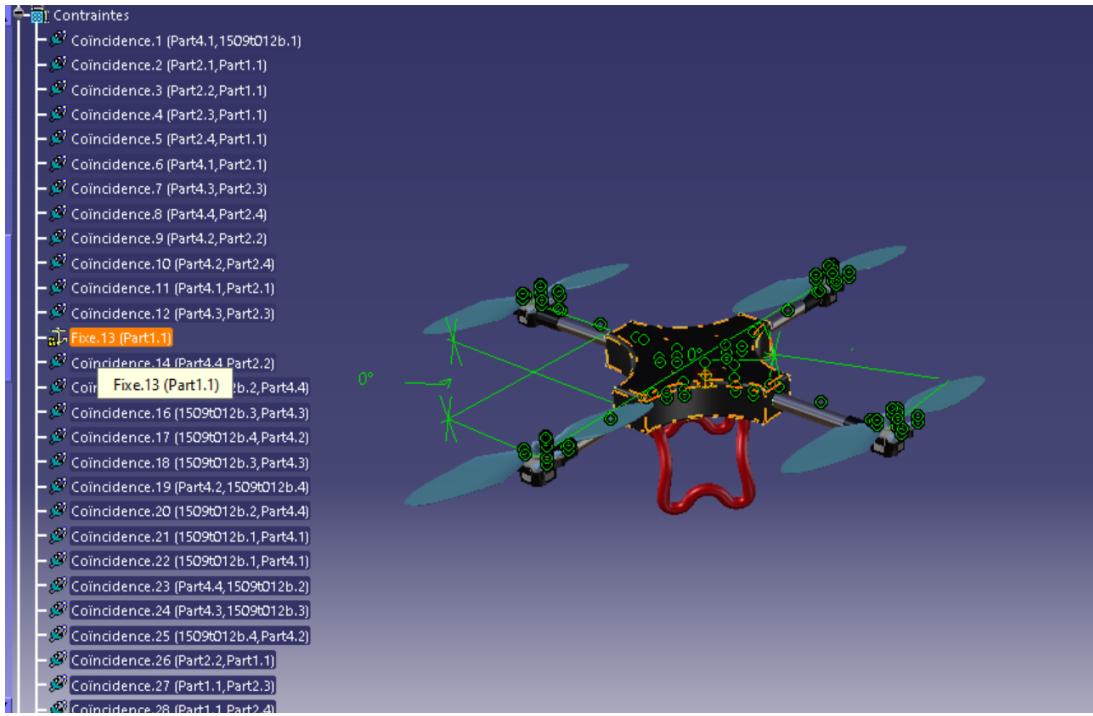


FIGURE 3.2 – Vue des contraintes d’assemblage appliquées dans CATIA V5 pour le drone quadrirotor

### 3.3 Rendu photoréaliste

Le drone quadrirotor finalisé est présenté ci-dessous dans un rendu photoréaliste. Cette visualisation permet d’apprécier l’assemblage complet des différents composants, notamment la disposition symétrique des quatre bras de support, les moteurs et leurs hélices respectives, ainsi que le châssis central qui assure la rigidité de l’ensemble.



FIGURE 3.3 – Rendu photoréaliste du drone quadrirotor finalisé

# Chapitre 4

## Dessin de définition

### 4.1 Cotation fonctionnelle

Pour chaque pièce du drone, nous avons réalisé un dessin de définition avec une cotation fonctionnelle complète :

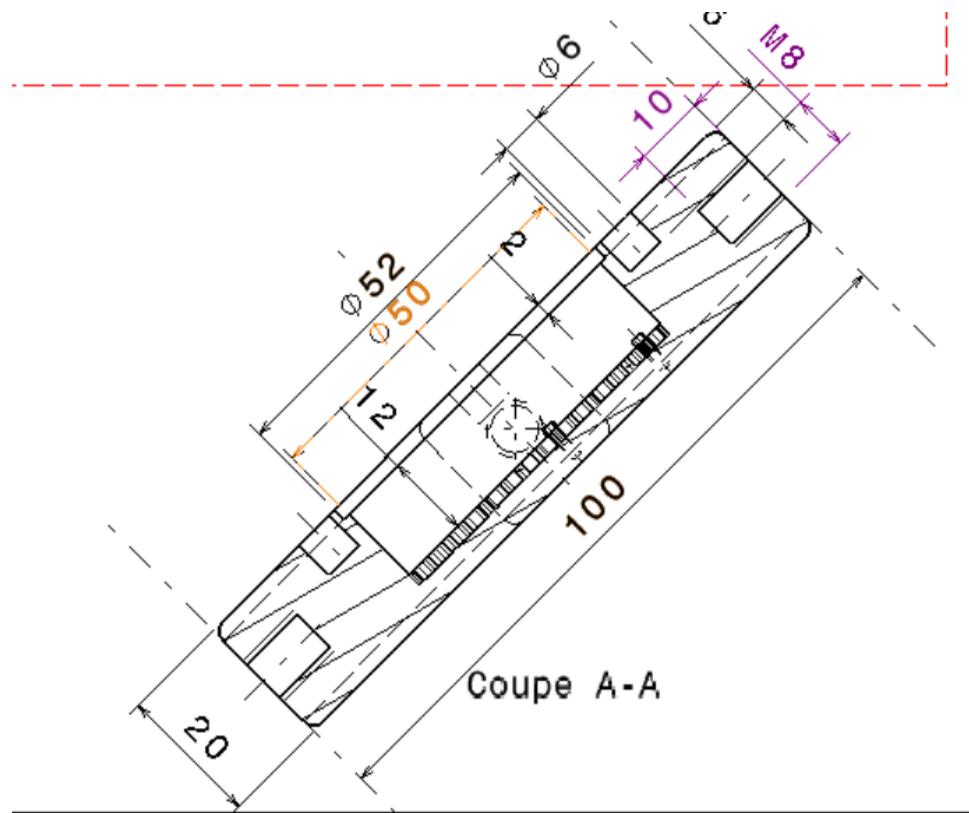


FIGURE 4.1 – Exemple de cotation fonctionnelle pour une pièce du drone

### 4.2 Mise en plan

La mise en plan a été réalisée selon les normes ISO, avec :

- **Cartouche normalisé** contenant :
  - Nom de la pièce
  - Échelle du dessin

- Matériaux
- Référence
- Date de création
- Nom du concepteur

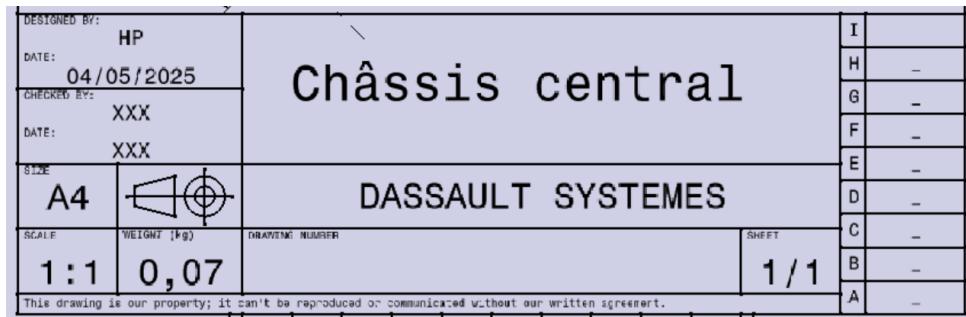


FIGURE 4.2 – Mise en plan du drone quadrirotor

- **Vues principales et coupes :**
  - Vue de face, dessus et profil pour chaque pièce
  - Coupes aux endroits stratégiques pour visualiser les détails internes
  - Vues en perspective pour une meilleure compréhension
- **Échelles adaptées :**
  - Vue d'ensemble du châssis : 1 :2
  - Détails des fixations : 2 :1
  - Profil des hélices : 1 :1
  - Vue d'ensemble du drone : 1 :5

#### 4.2.1 Exemple : Dessin de définition du châssis central

Le dessin ci-dessous présente la mise en plan détaillée du châssis central du drone. On y retrouve la vue de dessus, les coupes principales (A-A et B-B), ainsi que toutes les cotes fonctionnelles nécessaires à la fabrication et à l'assemblage de la pièce. Les dimensions critiques, telles que le diamètre extérieur, l'emplacement des perçages filetés M8, les rayons de courbure et l'épaisseur des parois, sont clairement indiquées. Ce plan respecte les normes de dessin industriel et intègre un cartouche complet précisant le nom de la pièce, l'échelle, la masse, la date, le concepteur et la société. Ce type de document est indispensable pour garantir la conformité de la pièce lors de la production.

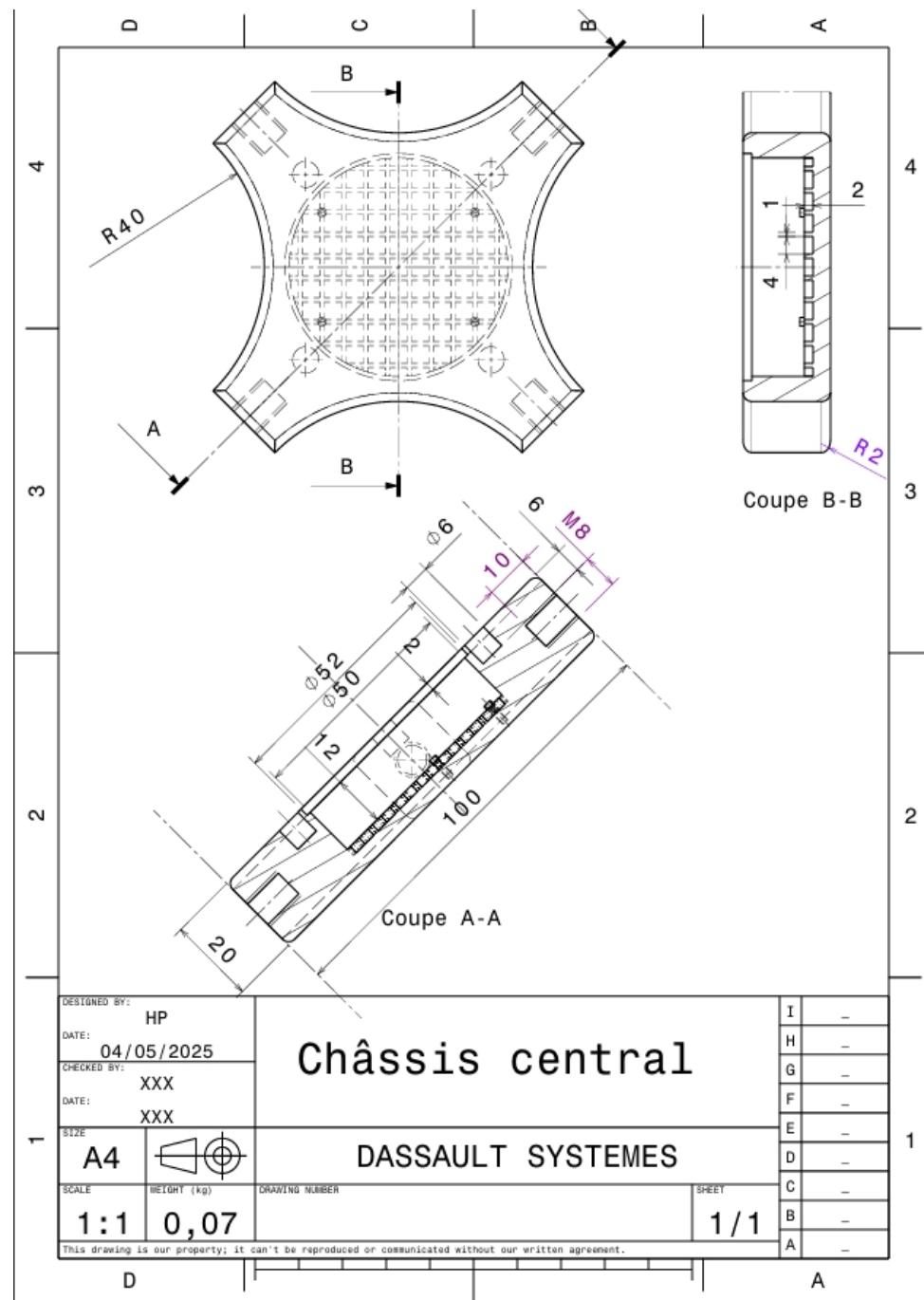


FIGURE 4.3 – Dessin de définition du châssis central du drone quadrirotor

Les dessins de définition complets de toutes les pièces, y compris les hélices, sont disponibles en annexe à la fin de ce rapport.

# Chapitre 5

## Dessin d'ensemble

### 5.1 Nomenclature

Le dessin d'ensemble du drone quadrirotor comprend une nomenclature complète avec :

- **Numéro de repère** : Attribution séquentielle des numéros en commençant par le châssis
- **Désignation** : Nom précis de chaque composant
- **Matière** : Spécification des matériaux utilisés
- **Qté** : Nombre d'exemplaires
- **Obs.** : Remarques ou références

TABLE 5.1 – Nomenclature des composants du drone quadrirotor

Rep.	Désignation	Matière	Qté	Obs.
1	Châssis central	PA6+30%FV	1	Injecté, noir
2	Bras support	Alu 6061-T6	4	Tube Ø10x8, 180mm
3	Support moteur	PA6+30%FV	4	Impr. 3D/injecté
4	Moteur brushless	MT2212-920KV	4	Ø27.9mm, 55g
5	Hélice	ABS	4	120mm, CW/CCW
6	Support attache	TPU	2	Impr. 3D, rouge
7	Capot protection	PC	1	Transparent
8	Vis moteur	Inox M2x8	16	Tête cyl.
9	Vis support	Inox M3x15	4	Tête cyl.

### 5.2 Représentation et cotation d'encombrement

La figure ci-dessous présente une vue d'ensemble du drone quadrirotor, illustrant la disposition des principaux composants et les dimensions d'encombrement. Ce dessin permet de visualiser l'architecture générale du système.

Le dessin d'ensemble comprend les cotes d'encombrement principales suivantes :

- Dimensions hors-tout :  $300 \times 300 \times 120$  mm (largeur  $\times$  longueur  $\times$  hauteur)
- Diamètre des hélices : 120 mm

- Hauteur du châssis : 20 mm
- Distance entre axes des moteurs opposés : 224 mm

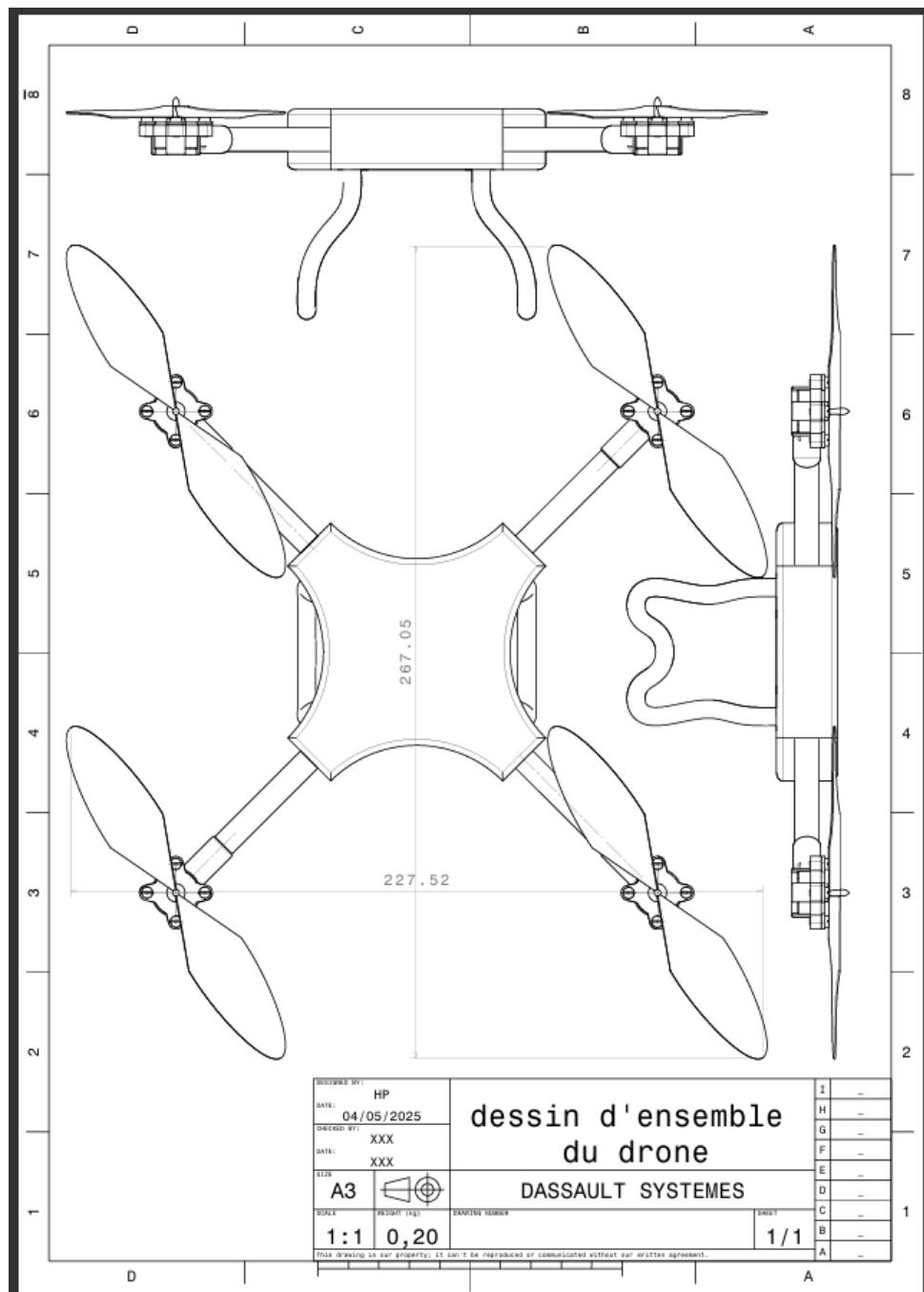


FIGURE 5.1 – Vue d'ensemble du drone quadrirotor (extrait du dessin d'ensemble)

Le dessin d'ensemble complet, avec toutes les vues et les détails cotés, est disponible en annexe à la fin de ce rapport.

# Chapitre 6

## Analyse critique et conclusion

### 6.1 Conclusion

Ce projet de conception d'un drone quadrirotor sur CATIA V5 nous a permis de développer nos compétences en conception assistée par ordinateur, notamment :

- La maîtrise des fonctions avancées de modélisation 3D de CATIA V5 (extrusion, révolution, balayage, lissage)
- La compréhension des contraintes d'assemblage et leur application pratique
- L'utilisation des fonctions de mise en plan avec cotation fonctionnelle
- L'approche méthodique d'un projet complet, de la conception des pièces individuelles à l'assemblage final

Cette expérience nous a également sensibilisés à l'importance de l'optimisation mécanique, de la gestion des interférences et des contraintes liées à la fabrication. La réalisation de ce drone quadrirotor représente une application concrète des compétences d'ingénierie mécanique acquises durant notre formation.

Les défis rencontrés et surmontés durant ce projet constituent une préparation précieuse pour nos futures missions professionnelles, où nous serons amenés à concevoir des produits complexes en respectant des contraintes multiples.