

# Cahier Des Charges (CDC)

du projet

## Kart A Hélice télécommandé

### Responsabilité documentaire

Action	NOM Prénom	Fonction	Date	Signature
Rédigé par	S. AROUL (Toy Corporation)	Client	13/02/2024	
Approuvé par	F. AUGEREAU (IUT GEII Bdx )	Fournisseur	13/02/2024	

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : KAH_CDC Révision : 2.1 – 13/02/2024	1/16
----------------------------------	--	------

## Suivi des révisions documentaires

Indice	Date	Nature de la révision
1	04/01/2016	Première publication du cahier des charges
2	28/01/2020	Mise en place d'une sécurité en cas de perte de signal IR
2.1	13/02/2024	Précisions sur le contenu des octets "address" et "data"

## Documents de références

Sigle	Référence	Titre	Rév.	Origine

## Table des matières

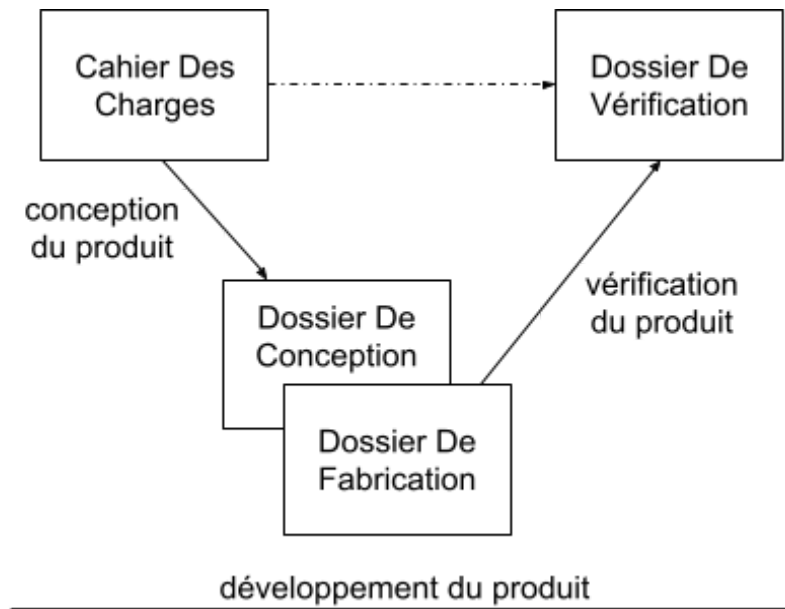
<b>1. Identifiants du produit</b>	<b>4</b>
<b>2. Nature du document</b>	<b>4</b>
<b>3. Cycle de développement du produit orienté qualité</b>	<b>4</b>
<b>4. Présentation du produit à développer</b>	<b>5</b>
<b>5. Exigences client du produit à développer</b>	<b>7</b>
<b>5.1. Exigences de l'Émetteur.</b>	<b>7</b>
<b>5.1.1. Exigences mécaniques.</b>	<b>7</b>
<b>5.1.2. Exigences énergétiques.</b>	<b>7</b>
<b>5.1.3. Exigences d'acquisition d'information</b>	<b>8</b>
<b>5.1.4. Exigences de traitement de l'information.</b>	<b>9</b>
<b>5.1.5. Exigences d'action.</b>	<b>10</b>
<b>5.2. Exigences du Récepteur.</b>	<b>10</b>
<b>5.2.1. Exigences mécaniques.</b>	<b>10</b>
<b>5.2.2. Exigences énergétiques.</b>	<b>11</b>
<b>5.2.3. Exigences d'acquisition d'information</b>	<b>11</b>
<b>5.2.4. Exigences de traitement de l'information.</b>	<b>11</b>
<b>5.2.5. Exigences d'action.</b>	<b>13</b>
<b>5.3. Exigences de coût et de délai.</b>	<b>14</b>
<b>6. Matrice de vérification du produit à développer</b>	<b>15</b>

## 1. Identifiants du produit

Nom du produit : Kart à Hélice  
Référence du produit : KAH\_PROD : KAH\_EMPTT + KAH\_RCPT  
Projet : Kart A Hélice  
télécommandé  
Client : Toy Corporation

## 2. Nature du document

Ce document est un cahier des charges et a pour but de décrire l'ensemble des exigences client relatives au développement du produit.



**Figure 1: Arborescence documentaire.**

La figure ci-dessus fournit une vision d'ensemble de l'arborescence documentaire du projet. Ceci permet ainsi de mieux comprendre la nature de ce document et son positionnement dans le développement en  $V$  du produit.

### 3. Cycle de développement du produit orienté qualité

La figure 1 précédente présente le cycle de développement du produit conformément à la norme de qualité ISO9001. Cette norme est très utilisée dans le secteur du développement électronique et informatique. L'axe principal de cette norme est la « *satisfaction client* ». Pour cela, elle décrit le processus de développement dans le but d'optimiser la compréhension entre le client et le fournisseur, et donc de garantir la tenue des coûts et délais de développement.

Le *Cahier Des Charges* (CDC) est rédigé par le client et approuvé par le fournisseur. Il regroupe l'ensemble des exigences auxquelles le produit doit répondre. Il constitue un élément fondamental dans le contrat passé entre le client et le fournisseur. Il est donc primordial qu'il soit rédigé avec rigueur et complétude dans le but de minimiser les contentieux et de favoriser le passage d'informations entre demandeurs et concepteurs.

Le *Dossier De Conception* (DDC) est rédigé par le fournisseur et approuvé par le client. Ce dossier est constitué de plusieurs parties :

La première partie de ce document présente la conception préliminaire du produit. Elle présente l'architecture fonctionnelle du produit développé. Elle apporte les premiers éléments de preuve de la faisabilité du produit.

La seconde partie rassemble les éléments de conception détaillée du produit développé. Les différents blocs fonctionnels du produit sont étudiés et leurs composants dimensionnés. Cette partie apporte la preuve de la faisabilité du produit conformément aux exigences client.

La troisième partie présente l'ensemble des simulations réalisées au cours de la conception. Elle permet de conforter le client et le fournisseur sur la justesse des résultats issus de la conception.

Le *Dossier De Fabrication* (DDF) est rédigé par le fournisseur et approuvé par le client. Il synthétise l'ensemble des documents de fabrication du produit. Ainsi, le client comme le fournisseur pourront reproduire à la demande le prototype conçu dans un nombre d'exemplaires beaucoup plus important. Ceci a pour objectif de permettre une production en série et ainsi une distribution à grande échelle du produit.

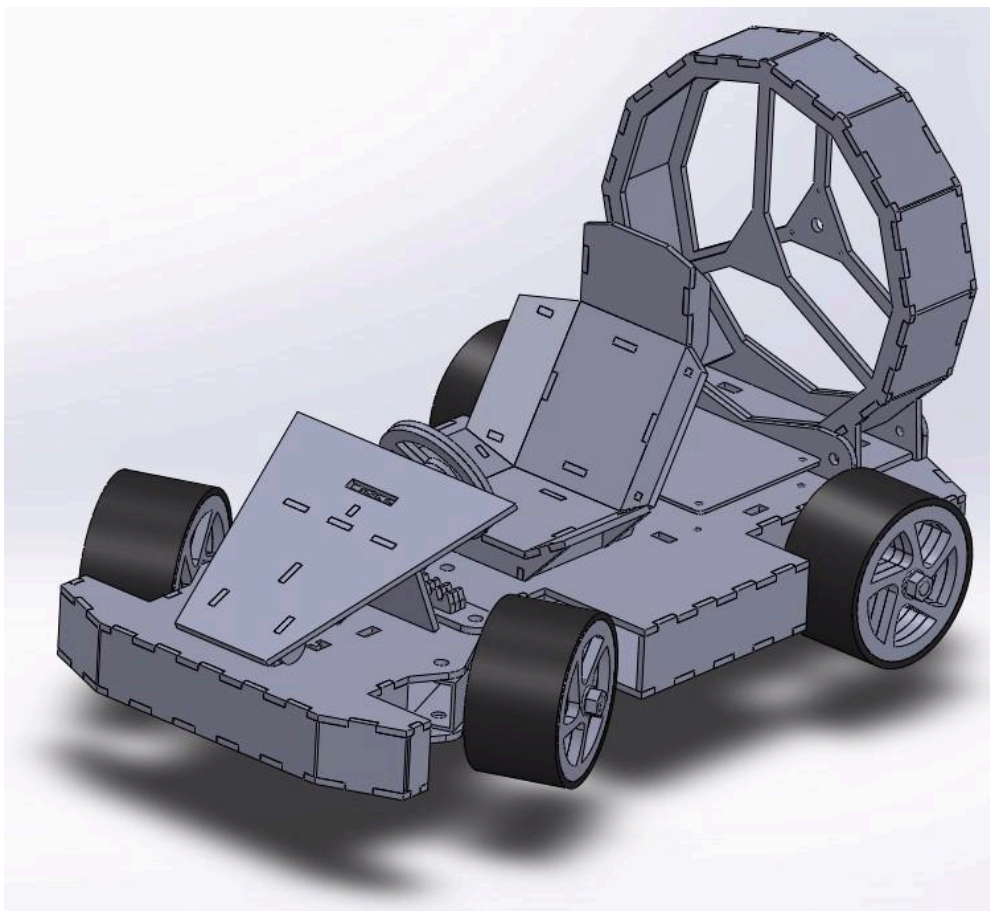
Le *Dossier De Vérification* (DDV) est rédigé par le fournisseur et approuvé par le client. Il est rédigé sous forme de fiches de vérification qui décrivent la manière de vérifier le bon fonctionnement du produit développé. Chaque fiche est rédigée en corrélation directe avec les exigences client. Le dossier synthétise également les résultats de chacun des essais de vérification. Il constitue ainsi la preuve de la conformité du produit face aux exigences client.

Le processus de développement décrit ci-dessus, suggéré par la norme ISO9001, est exploité depuis plusieurs années dans l'industrie. En prenant du recul sur les nombreux développements réalisés, il en résulte que le suivi de ce processus avec rigueur est un gage de qualité conduisant à la satisfaction du client.

## 4. Présentation du produit à développer

Depuis les années 70, le modélisme connaît un vrai succès auprès des particuliers. Si, au début, ce loisir était réservé aux passionnés qui étaient prêts à passer de nombreuses heures pour maîtriser la technicité et les subtilités de la construction de leur engins miniatures. Depuis le début des années 2000, le modélisme évolue, se simplifie, et devient maintenant accessible à tous.

Aujourd'hui, presque tous les moyens de locomotion (voiture, train, avion, hélicoptère, ULM, voilier, F1 des mers, aéroglisseur...) grandeur nature ont été miniaturisés au moins une fois. L'entreprise Toy Corporation entreprend aujourd'hui de concevoir et de commercialiser en grande série un kart à hélice (version à hélice d'un kart). Toy Corporation opte stratégiquement de restreindre l'emploi du kart à une utilisation en intérieur (salon, véranda, salle de sport, gymnase...). Ainsi, la mécanique et la motorisation sont d'une taille et d'une puissance modérées. La transmission de données est une liaison infrarouge standard. Ceci permet ainsi d'optimiser les coûts (de développement et de production) et de proposer un produit « grand public » à un prix raisonnable et compétitif.



## 5. Exigences client du produit à développer

Ce chapitre détaille l'ensemble des exigences client du produit à développer. Chaque exigence est rédigée de manière concise et non ambiguë afin d'être vérifiable explicitement par l'équipe de développement. Dans le but de réaliser ultérieurement une traçabilité aisée entre exigences et tests, chaque exigence a une référence. Chaque référence sera rappelée dans les paragraphes adéquats du *Dossier de Conception* (DDC) du *Dossier de Fabrication* (DDF) et du *Dossier de Vérification* (DDV).

### 5.1. Exigences de l'Émetteur.

#### 5.1.1. Exigences mécaniques.

**Référence de l'exigence :** EXIG\_EMTT\_DIMENSIONS

**Descriptif de l'exigence :** L'émetteur a des dimensions égales à 120mm (-/+1mm) en largeur, 80mm (-/+1mm) en longueur.

**Commentaires sur l'exigence :** L'émetteur ne possède aucune contrainte de dimensions en hauteur. Le circuit imprimé de l'émetteur a des dimensions (en largeur et longueur) égales à celle de l'émetteur et comporte des trous de fixation de 3 mm (-/+0,5mm) situés dans chaque coin pour fixer celui-ci au reste de la mécanique de l'émetteur. Le centre de ces trous sont placés à 5mm (-/+0,5mm) des bords du circuit imprimé.

**Référence de l'exigence :** EXIG\_EMTT\_LOGO

**Descriptif de l'exigence :** L'émetteur comporte sur une de ses faces visibles le nom (ou le logo) du département GEII de Bordeaux et le nom (ou le logo) de l'équipe de conception.

#### 5.1.2. Exigences énergétiques.

**Référence de l'exigence :** EXIG\_EMTT\_ENERGIE

**Descriptif de l'exigence :** L'émetteur utilise un accumulateur d'énergie électrique de type Lithium-Polymère 2S pour fonctionner. Cet accumulateur est d'une capacité assurant une autonomie de fonctionnement de l'émetteur d'au moins 60 minutes.

**Commentaires sur l'exigence :** L'accumulateur Lithium-Polymère est considéré comme étant déchargé lorsque l'énergie qui y est stockée est inférieure à 20 % de sa capacité maximale.

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : KAH_CDC Révision : 2.1 – 13/02/2024	7/16
----------------------------------	--	------

**Référence de l'exigence : EXIG\_EMTT\_INTERRUPTEUR**

**Descriptif de l'exigence :** L'émetteur comporte un interrupteur afin de mettre sous/hors tension son circuit électronique.

**Commentaires sur l'exigence :** L'interrupteur est placé judicieusement sur le circuit imprimé de l'émetteur afin d'avoir une bonne ergonomie d'utilisation.

**5.1.3. Exigences d'acquisition d'information**

**Référence de l'exigence : EXIG\_EMTT\_IHM**

**Descriptif de l'exigence :** L'émetteur comporte 2 interfaces homme-machine qui permettent de contrôler respectivement la puissance du moteur et la direction des roues avants du kart. Ces 2 interfaces sont des potentiomètres de type rotatif et/ou rectiligne.

**Commentaires sur l'exigence :** Les potentiomètres sont placés de façon ergonomique sur l'émetteur afin de faciliter le pilotage du kart.

**Référence de l'exigence : EXIG\_EMTT\_KLAXON**

**Descriptif de l'exigence :** L'émetteur comporte un bouton-poussoir sur lequel l'utilisateur peut appuyer pour indiquer qu'il souhaite faire retentir le klaxon du kart.

**Commentaires sur l'exigence :** le bouton-poussoir est placé judicieusement sur le circuit imprimé de l'émetteur afin d'avoir une bonne ergonomie d'utilisation.

#### 5.1.4. Exigences de traitement de l'information.

##### Référence de l'exigence : EXIG\_EMTT\_TRAITEMENT

**Descriptif de l'exigence :** L'émetteur comporte un cœur de traitement numérique permettant :

- \* d'acquérir les informations analogiques en provenance des interfaces homme-machine potentiométriques,
- \* de numériser ces informations analogiques pour les transformer en des informations numériques,
- \* d'encoder la donnée numérique du bouton poussoir sur 1 bit et la valeur numérique d'équipe sur 7 bits, afin de créer l'octet "address" du protocole NEC,
- \* d'encoder la donnée numérique de puissance moteur sur 4 bits et la donnée numérique de direction de roues sur 4 bits, afin de créer l'octet "data" du protocole NEC ,
- \* de construire les trames de transmission conformément au protocole NEC en y intégrant les octets "address" et "data" précédemment calculés.

**Commentaires sur l'exigence :** La valeur (en hexadécimal) d'équipe utilisée est la suivante :

- \* Groupe A1 : 11h (équipe 1) à 13h (équipe 3)
- \* Groupe A2 : 21h (équipe 1) à 23h (équipe 3)
- \* Groupe A3 : 31h (équipe 1) à 33h (équipe 3)
- \* Groupe A4 : 41h (équipe 1) à 43h (équipe 3)
- \* Groupe A5 : 51h (équipe 1) à 53h (équipe 3)

##### Référence de l'exigence : EXIG\_EMTT\_REPETITIVITE

**Descriptif de l'exigence :** Par le biais de son cœur de traitement, l'émetteur émet une trame NEC à chaque fois que les données sont nouvelles (c-à-d différentes de la trame précédente) et ceci sans délai autre que le délai minimum inter-trame imposé par le protocole NEC (108ms). Dans le cas où les données de trames NEC consécutives sont identiques, la période d'émission des trames NEC est alors fixée à 333 millisecondes. La tolérance pour ces 2 périodes d'émission de trame est de +/-10 %.

##### Référence de l'exigence : EXIG\_EMTT\_RETENTISSEMENT

**Descriptif de l'exigence :** Par le biais de son cœur de traitement, l'émetteur intègre aux trames protocolaires l'information que le bouton-poussoir de klaxon est appuyé par l'utilisateur.

**Commentaires sur l'exigence :** Le bit de poids fort de l'adresse du protocole NEC est inexploité (il est toujours à 0 quelque soit le numéro d'équipe), l'emploi de ce bit pour véhiculer l'information de retentissement du klaxon est alors une solution technique simple à mettre en œuvre.

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : KAH_CDC Révision : 2.1 – 13/02/2024	9/16
----------------------------------	--	------

### 5.1.5. Exigences d'action.

#### Référence de l'exigence : EXIG\_EMTT\_PUISSANCE

**Descriptif de l'exigence :** L'émetteur émet les trames protocolaires à l'aide d'un composant d'émission infrarouge. La puissance crête d'émission infrarouge permet d'assurer à l'émetteur une émission infrarouge décodable par le récepteur à une distance minimum de 10m.

**Commentaires sur l'exigence :** Pour garantir une telle distance de transmission, il est nécessaire de faire circuler un courant crête supérieur à 200mA par LED dans au moins 2 LEDs infrarouges de 5mm. L'émission d'une LED infrarouge étant relativement directive, les LEDs sont placées et orientées judicieusement sur le circuit imprimé de l'émetteur afin d'optimiser la distance et l'angle de transmission.

#### Référence de l'exigence : EXIG\_EMTT\_INDICATEUR

**Descriptif de l'exigence :** L'émetteur du kart comporte un indicateur lumineux (50mcd  $-/+20\%$ ) informant l'utilisateur que l'émetteur est sous tension.

**Commentaires sur l'exigence :** La couleur verte pour cet indicateur est la couleur habituellement utilisée en modélisme.

## 5.2. Exigences du Récepteur.

### 5.2.1. Exigences mécaniques.

#### Référence de l'exigence : EXIG\_RCPT\_DIMENSIONS

**Descriptif de l'exigence :** Le kart a des dimensions inférieures à 500mm en longueur, 300mm en largeur et 400mm en hauteur.

**Commentaires sur l'exigence :** Le circuit imprimé du récepteur a des dimensions de 100mm  $(-/+1mm)$  en largeur et 75mm  $(-/+1mm)$  en longueur et comporte des trous de fixation de 3 mm  $(-/+0,5mm)$  situés dans chaque coin pour fixer celui-ci au reste de la mécanique du kart. Le centre de ces trous sont placés à 6mm  $(-/+0,5mm)$  des bords du circuit imprimé.

#### Référence de l'exigence : EXIG\_RCPT\_LOGO

**Descriptif de l'exigence :** Le kart comporte sur le carter de la colonne de direction le numéro de l'équipe (police : arial ; taille : 40 ; effet : gras), le nom de l'équipe et le logo du département GEII de l'IUT de Bordeaux.

**Commentaires sur l'exigence :** Ces informations sont imprimées sur une ou plusieurs étiquettes autocollantes et ensuite apposées sur la face exigée.

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : KAH_CDC Révision : 2.1 – 13/02/2024	10/16
----------------------------------	--	-------

### 5.2.2. Exigences énergétiques.

#### Référence de l'exigence : EXIG\_RCPT\_ENERGIE

**Descriptif de l'exigence :** Le kart utilise un accumulateur d'énergie électrique de type Lithium-Polymère 2S pour fonctionner. Cet accumulateur est d'une capacité assurant une autonomie de fonctionnement du kart d'au moins 15 minutes à mi-puissance.

**Commentaires sur l'exigence :** L'accumulateur Lithium-Polymère est considéré comme étant déchargé lorsque l'énergie qui y est stockée est inférieure à 20 % de sa capacité maximale. Une régulation de tension 5V est assurée par le contrôleur brushless (étage BEC) et permet d'alimenter l'ensemble de l'électronique (servomoteur compris) du récepteur.

#### Référence de l'exigence : EXIG\_RCPT\_INTERRUPTEUR

**Descriptif de l'exigence :** Le récepteur comporte un interrupteur afin de le mettre sous/hors tension son circuit électronique.

**Commentaires sur l'exigence :** l'interrupteur est placé judicieusement sur le kart à hélice afin d'avoir une bonne ergonomie d'utilisation.

### 5.2.3. Exigences d'acquisition d'information

#### Référence de l'exigence : EXIG\_RCPT\_CAPTEUR

**Descriptif de l'exigence :** Le récepteur reçoit les trames protocolaires (générées par l'émetteur) à l'aide d'un composant de réception infrarouge.

### 5.2.4. Exigences de traitement de l'information.

#### Référence de l'exigence : EXIG\_RCPT\_TRAITEMENT

**Descriptif de l'exigence :** Le récepteur comporte un cœur de traitement numérique permettant :

- \* de détecter l'absence de signal infrarouge en réception,
- \* de décoder les trames protocolaires NEC reçues,
- \* de contrôler la validité de la trame,
- \* d'identifier si l'adresse NEC est bien celle attendue,
- \* d'extraire l'information de puissance moteur transmise sur 4 bits et l'information de direction de roue sur 4 bits,

\* de calculer la puissance à appliquer sur le moteur et l'angle de direction à appliquer aux roues avants.

**Commentaires sur l'exigence :** Le débattement angulaire maximal des roues avants du kart est de +/-30°. De plus, la manière de piloter la puissance du moteur brushless est la même que celle utilisée pour piloter l'angle d'un servomoteur. Les angles de pilotage de servomoteur sont compris entre 0° et 180°. Ainsi, piloter la puissance du moteur brushless entre 0% et 100% est comme piloter l'angle d'un servomoteur entre 0° et 180°.

**Référence de l'exigence : EXIG\_RCPT\_SECURITE**

**Descriptif de l'exigence :** Dans le cas d'une absence de réception de signal infrarouge ou dans le cas d'une réception invalide de signal infrarouge, la puissance moteur est fixée par sécurité à 0.

**Commentaires sur l'exigence :** Seule la puissance moteur est impactée par cette exigence.

**Référence de l'exigence : EXIG\_RCPT\_RETENTISSEMENT**

**Descriptif de l'exigence :** Par le biais de son cœur de traitement, le récepteur extrait des trames protocolaires infrarouges l'information de retentissement du klaxon et détermine si le klaxon doit être activé ou non.

### 5.2.5. Exigences d'action.

#### Référence de l'exigence : EXIG\_RCPT\_MOTEUR

**Descriptif de l'exigence :** A partir de la valeur de puissance moteur calculée, le récepteur génère un signal PWM (tolérance de  $-/+5\%$  sur le temps à l'état haut) afin de piloter le contrôleur brushless.

#### Référence de l'exigence : EXIG\_RCPT\_ROUE

**Descriptif de l'exigence :** A partir de la valeur d'angle de direction de roues calculée, le récepteur génère un signal PWM (tolérance de  $-/+5\%$  sur le temps à l'état haut) afin de commander le servomoteur de roue.

#### Référence de l'exigence : EXIG\_RCPT\_INDICATEUR

**Descriptif de l'exigence :** Le récepteur du kart comporte un indicateur lumineux (50mcd  $-/+20\%$ ) informant l'utilisateur que le récepteur est sous tension.

**Commentaires sur l'exigence :** La couleur verte pour cet indicateur est la couleur habituellement utilisée en modélisme.

#### Référence de l'exigence : EXIG\_RCPT\_CONNEXION

**Descriptif de l'exigence :** Le récepteur du kart comporte un indicateur lumineux (100mcd  $-/+20\%$ ) informant l'utilisateur par son éclairage que le récepteur a reçu une nouvelle trame infrarouge valide avec adresse NEC correcte. Dans tous les autres cas (trame absence, trame incorrecte, adresse NEC incorrecte), l'indicateur lumineux est éteint.

**Commentaires sur l'exigence :** La couleur bleue pour cet indicateur est la couleur habituellement utilisée en modélisme.

#### Référence de l'exigence : EXIG\_RCPT\_KLAXON

**Descriptif de l'exigence :** Le récepteur du kart génère un signal carré de 4kHz ( $-/+100\text{Hz}$ ) de rapport cyclique de 50 % ( $-/+10\%$ ) qui sera appliqué à l'entrée d'un composant sonore afin de permettre au kart de klaxonner.

### 5.3. Exigences de coût et de délai.

#### Référence de l'exigence : EXIG\_DELAI

**Descriptif de l'exigence :** Le temps alloué pour réaliser le développement du kart à hélice (phase de conception + phase de fabrication + phase de vérification + phase de présentation/démonstration) est de 60h.

**Commentaires sur l'exigence :** Le respect de cette exigence nécessite :

- \* une planification initiale des tâches à mener pour répondre à chaque exigence avec répartition individualisée
- \* un suivi de l'avancement du projet, une mise à jour de cette planification et l'attribution des tâches à chaque séance.

#### Référence de l'exigence : EXIG\_COUT

**Descriptif de l'exigence :** Le coût total de l'ensemble des composants (mécaniques et électroniques) nécessaires pour la fabrication d'un seul prototype du kart à hélice est inférieur à 160 euros TTC.

**Commentaires sur l'exigence :** Le respect de cette exigence nécessite :

- \* une budgétisation initiale du kart à hélice
- \* un suivi de l'évolution du coût du projet au cours de la conception détaillée
- \* la réalisation d'une nomenclature détaillée et financièrement chiffrée.

## 6. Matrice de vérification du produit à développer

Ce chapitre synthétise par l'intermédiaire d'un tableau les méthodes de vérification qui devront être appliquées sur chacune des exigences client, dans le but d'apporter la preuve de la conformité du produit développé.

Éléments concernés	Référence de l'exigence client	Méthodes de vérification	Doc.
Émetteur	EXIG_EMTT_DIMENSIONS	par inspection documentaire par mesure	DDC DDV
Émetteur	EXIG_EMTT_LOGO	par inspection documentaire par observation visuelle	DDC DDV
Émetteur	EXIG_EMTT_ENERGIE	par analyse et calculs par essai	DDC DDV
Émetteur	EXIG_EMTT_INTERRUPTEUR	par analyse par essai	DDC DDV
Émetteur	EXIG_EMTT_IHM	par analyse, calculs par essai	DDC DDV
Émetteur	EXIG_EMTT_KLAXON	par analyse, calculs par essai	DDC DDV
Émetteur	EXIG_EMTT_TRAITEMENT	par analyse et calculs par essai	DDC DDV
Émetteur	EXIG_EMTT_REPETITIVITE	par analyse par essai	DDC DDV
Émetteur	EXIG_EMTT_RETENTISSEMENT	par analyse par essai	DDC DDV
Émetteur	EXIG_EMTT_PUISSANCE	par analyse et calculs par essai	DDC DDV
Émetteur	EXIG_EMTT_INDICATEUR	par analyse et calculs par essai	DDC DDV

Kart A Hélice  
télécommandé

Éléments concernés	Référence de l'exigence client	Méthodes de vérification	Doc.
Récepteur	EXIG_RCPT_DIMENSIONS	par inspection documentaire par mesure	DDC DDV
Récepteur	EXIG_RCPT_LOGO	par inspection documentaire par observation visuelle	DDC DDV
Récepteur	EXIG_RCPT_ENERGIE	par analyse et calculs par essai	DDC DDV
Récepteur	EXIG_RCPT_INTERRUPTEUR	par analyse et calculs par essai	DDC DDV
Récepteur	EXIG_RCPT_CAPTEUR	par analyse et calculs par essai	DDC DDV
Récepteur	EXIG_RCPT_TRAITEMENT	par analyse et calculs par essai	DDC DDV
Récepteur	EXIG_RCPT_SECURITE	par analyse et calculs par essai	DDC DDV
Récepteur	EXIG_RCPT_RETENTISSEMENT	par analyse et calculs par essai	DDC DDV
Récepteur	EXIG_RCPT_MOTEUR	par analyse et calculs par essai	DDC DDV
Récepteur	EXIG_RCPT_ROUE	par analyse et calculs par essai	DDC DDV
Récepteur	EXIG_RCPT_INDICATEUR	par analyse et calculs par essai	DDC DDV
Récepteur	EXIG_RCPT_CONNEXION	par analyse et calculs par essai	DDC DDV
Récepteur	EXIG_RCPT_KLAXON	par analyse et calculs par essai	DDC DDV
Kart complet	EXIG_DELAI	par analyse rétro-planning	DDC DDV
Kart complet	EXIG_COUT	par analyse et calculs	DDC