

<p>UEI2S</p> <p>TC21 ; TC22</p> <p>& MES</p>	<p>CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL</p>	
---	--	---

<h2 style="text-align: center;">Assistant Robotisé Audiovisuel</h2>	
<p>Rédigé par :</p> <ul style="list-style-type: none"> • AMADASI Maxime : CDCF projection et traitement de données • BOURBON Clarisse : CDCF phase de vie 2,3,4 • BULTEL Thomas : CDCF structure mécanique • FILA Benoît : Analyse des risques • KÜFFER Paul : CDCF projection et traitement de données • LAFOND Alexandra : Analyse des risques • ROUX-MOLLARD Quentin : CDCF structure mécanique • <i>Tout le monde : présentation, définition globale du système, relecture</i> 	<p>Créé le : 9 novembre 2022</p>
<p>Destinataires : Mme. DANGLADE, M. VIPREY, M. ROSSI</p>	

Table des matières

1. Présentation générale	2
2. Définition globale du système et validation du besoin.....	4
3. Expression fonctionnelle du besoin	6
3.1.1. Les interacteurs	6
3.1.2. Fonctions de service	6
3.2.1. Interacteurs	10
3.2.2. Contraintes	10
3.3.1. Interacteurs	12
3.3.2. Contraintes	12
3.4.1. Interacteurs	12
3.4.2. Contraintes	12
3.5.1. Interacteurs	13
3.5.2. Contraintes	13
4. Analyse des risques	14
Cadre de réponse précisant et analysant les solutions retenues	18
Annexes	19

1. Présentation générale

1.1. Objet du Projet

Le cahier des charges présenté ci-après est l'objet d'un projet particulier que l'on ne retrouve pas sur le marché. En effet, il s'agit de concevoir un robot mécanisé. De plus, il permettra d'assister un utilisateur, en projetant tous types de contenu tels que des diaporamas ou des jeux sur un mur.

Il s'agit de concevoir un robot avec un design attrayant, pour assister visuellement une présentation, en projetant tout type de contenus tels que des diaporamas ou des jeux sur un mur. Le projet s'intitule « Assistant robotisé audiovisuel ».

1.2. Contexte

Ce projet s'inscrit dans le cadre du PJT 2A, filière Protolab en lien avec le FabLab et l'ENSAM. Initié en 2018 par un premier groupe d'étudiants, puis poursuivi en 2019, ce projet répond à un besoin du FabLab : réaliser des présentations ou divertir, en s'adaptant à l'environnement. Au cours du développement du projet, on s'appuiera sur les travaux effectués par les années précédentes.

Le projet lie les modules PJT 2A, UEI2S et UEI2P afin de créer une séparation efficacement des tâches à effectuer. La documentation et les recherches seront réalisées en UEI2S. La conception et le développement du projet seront eux réalisés en PJT 2A. La fabrication sera réalisée soit en PJT 2A, soit en UEI2P selon les pièces à usiner.

À l'issue de cette année, le projet pourra être transmis à une prochaine équipe en vue d'une amélioration du système.

À long terme, il faudrait envisager une équipe en charge de la fin de vie du produit et prendre en charge son démantèlement, son tri et son recyclage.

Le développement du projet s'appuie sur le cahier des charges fonctionnel suivant (cf 3.1). Ce dernier oriente et encadre les directives du projet pour le mener à son terme.

1.3. Justificatif du projet

La principale problématique à laquelle répond le projet est la difficulté à déplacer un vidéoprojecteur et à s'adapter aux différents locaux et aux différentes pièces où le robot sera présent. Il n'est pas toujours aisé de déplacer et positionner un vidéoprojecteur de manière adéquate dans un espace donné. Il faut trouver un support pour le poser et régler la focale ainsi que les trapèzes (effet dû à la non-perpendicularité du projecteur par rapport au mur), etc. Grâce à ce système mobile, le vidéoprojecteur sera posé à une hauteur adéquate et les réglages sont effectués automatiquement.

1.4. Parties Prenantes

L'équipe tutrice Arts et Métiers :

- M VIPREY
- M ROSSI
- Mme DANGLADE

L'équipe étudiante :

- AMADASI Maxime
- BOURBON Clarisse
- BULTEL Thomas
- FILA Benoît
- KÜFFER Paul
- LAFOND Alexandra
- ROUX-MOLLARD Quentin

Entreprises partenaires :

- 3DZ
- Pracartis

1.5. Livrables

L'objectif est de produire un robot fonctionnel pour le rendu de PJT en fin d'année scolaire (mai 2023). Les rendus intermédiaires sont :

- Le rendu de la mise en situation de l'UEI-2S : recherche de brevets, cahier des charges, architecture fonctionnelle, conception, modélisation ;
- Le rendu intermédiaire de PJT ;
- Le rendu de la mise en situation de l'UEI-2P.

1.6. Budget

L'ENSAM subventionne le projet avec un montant de quatre cents euros pour la fabrication du vidéoprojecteur mobile. Au regard de la complexité du système et des composants à utiliser, ce budget est à revoir à la hausse. Le financement supplémentaire du budget sera effectué via des partenariats avec des industries concernées. Un premier parrainage par Pracartis a permis de collecter cinq cents euros.

2. Définition globale du système et validation du besoin

Le projet consiste en la réalisation d'un assistant robotisé audiovisuel. Ce robot devra se déplacer dans l'espace tout en évitant des obstacles. De plus, il possèdera une tête orientable selon la verticale et l'horizontale. Enfin l'esthétisme du robot devra être attrayant.

Le robot est équipé d'un vidéoprojecteur et d'un ordinateur de bord. Ces derniers permettent au robot de projeter du contenu tel que des jeux ou encore l'écran d'un ordinateur, avec ou sans fil. Le robot fonctionne sur prise (prise du secteur français 230V) ou sur batterie.

2.1. Formulation du besoin

À qui le produit rend-il service ?	Aux industriels lors de salons, formations etc. Aux établissements scolaires pour des JPO, des représentations, de la communication... À tout utilisateur souhaitant projeter des présentations, films, contenus divers...
Sur quoi agit-il ?	Sur des présentations, films, diaporamas...
Pour faire quoi ?	Pour projeter du contenu et interagir avec des utilisateurs
Dans quel but ?	De communiquer des informations
Pourquoi ?	Pour simplifier les réglages et l'utilisation d'un vidéoprojecteur
Quand ?	Lors de JPO, salons, formations, diffusion ludique...
Où ?	Dans des espaces intérieurs, avec la possibilité de projection sur des murs clairs.

2.2. Principes ou concepts retenus

Le système de projection est défini par le client en tant que vidéoprojecteur spécifique. Sa jouabilité sera faite par une télécommande.

2.3. Validation du besoin

Quelles causes pourraient faire évoluer le besoin ?	À quelles échéances ?	Avec quelles probabilités ?
Protection juridique	Court terme	Forte
Changement de client	Long terme	Moyenne
Déplacement et réglage autonomes	Moyen terme	Faible
Mobilité tout terrain	Long terme	Moyenne
Projection 3D (hologramme)	Très très long terme	Faible

3.Expression fonctionnelle du besoin

3.1. Fonctionnement nominal

3.1.1. Les interacteurs

Les interacteurs en phase nominale sont :

Éléments humains	Éléments matériels techniques	Sources d'énergie	Éléments d'ambiance
<ul style="list-style-type: none"> Utilisateur(s) Pilote Humains à proximité 	<ul style="list-style-type: none"> Sol Salle + mobilier Murs blancs 	<ul style="list-style-type: none"> Prise électrique commune Batterie 	<ul style="list-style-type: none"> Pièce à température ambiante Hygrométrie entre 40 et 60%

3.1.2. Fonctions de service

Tableau des valorisations :

<i>F0 :</i>	<i>Peu ou pas de flexibilité</i>
<i>F1 :</i>	<i>Un peu de flexibilité donné au niveau</i>
<i>F2 :</i>	<i>Flexibilité moyenne</i>
<i>F3 :</i>	<i>Beaucoup de flexibilité</i>

Tableau des importances k :

K=1	Souhaitable
K=2	Nécessaire
K=3	Important
K=4	Très important
K=5	Vitale

Votant : le groupe entier. Calcul des notes : par approbation de l'ensemble des parties prenantes.

Fonctions de service et contrainte associées à la structure mécanique :

Fonctions		Caractéristiques			
Code :	Désignation :	Critère d'appréciation :	Niveau :	Importance :	Flexibilité :
FS1	Doit être capable de se déplacer ¹	Vitesse linéaire maximum	$1.5 \pm 0.1 \text{ m.s}^{-1}$	4	F0
		Accélération linéaire maximum	$0.5 \pm 0.01 \text{ m.s}^{-2}$	3	F1
		Accélération tangentielle maximum	Non basculement Coeff S=2	4	F0
		Tourner sur soi-même avec un débattement nul	Au moins 360°	3	F1
		Se déplacer en marche arrière	$1.5 \pm 0.1 \text{ m.s}^{-1}$	3	F1
		Masse en mouvement	<30kg	4	F1
FS2	Doit être attrayant	Ne doit pas être effrayant	Sur une population de n personnes, au moins X % ne doivent pas le trouver effrayant	4	F0
		Doit être attirant	Sur une population de n personnes, au moins X % doivent aller observer le robot spontanément	4	F0
FC1	Évoluer dans son environnement	Hauteur maximum des objets à franchir	2 cm maximale	4	F2

¹ Voir tableau des différents modes de vitesse en annexe

		Monter ou descendre une pente	±10%	3	F1
		Se déplacer sur différentes surfaces	Coefficient de frottement : X	3	F2
		Se déplacer quelques soient les défauts du sol	Passer sur des trous d'au moins X cm de diamètre	3	F2
FC2	Ne doit pas présenter de danger pour l'utilisateur	Respect de l'article L421-3 du code de la consommation	Obligatoire à 100%	5	F0
FC3	Doit durer dans le temps	Durée de vie des composants	X h de fonctionnement minimum	4	F1
		Fatigue des matériaux	X h de fonctionnement minimum	4	F1
FC4	Doit posséder une structure interne	Résiste aux différentes sollicitations dynamiques et statiques	-Poids -Contacts extérieurs	4	F0

Fonctions de service et contrainte associées à la projection et au traitement des données :

Fonctions		Caractéristiques			
Code :	Désignation :	Critère d'appréciation :	Niveau :	Importance :	Flexibilité :
FS3	Doit être capable de projeter une présentation ou un jeu	Netteté	Agréable à l'œil : < à 1/1 500 radian de défaut angulaire	3	F1
		Mise au point automatique	X s ± Y s	2	F1
FC5	Doit être autonome	Autonomie de la batterie	8 h minimum avec le vidéoprojecteur	4	F0

		Évolution autonome dans son environnement	Objet plus de X m ³ et ayant une surface frontale au robot > X cm ² à X mm	4	F2
FC6	Doit s'adapter au réseau électrique	Recharge la batterie	X h ± Y h	3	F1
		Fonctionnement sur prise électrique	230V Français	2	F0
FC7	Doit avoir un système sonore	Intensité sonore max	80 ± X dB	3	F0
		Doit pouvoir se connecter à un système sonore extérieur	Présence de connecteurs à déterminer (HDMI, jack, ...)		F2
		Système sonore omnidirectionnel	Avoir une intensité minimale de 50 ± X dB dans une pièce de X m ³		F2
FC8 ²	Se mouvoir au sein d'un public	Détection des obstacles	Entre 10 et X mm <u>autour du robot</u>	5	F1
		Distance de freinage	Max 150 ± X mm	5	F0
		Norme de sécurité structurelle : NF-EN-13482	Oui	5	F3
		Norme de sécurité électrique : NF-EN-61340	Oui	5	F1
		Signalisation visuelle de mise en tension	Lumière de X s		F1
		Signalement de la mise en tension et hors tension	Signal de X dB minimal		F3

² Cette contrainte se reporte aux deux tableaux

3.2. Phase de vie n°2 : production

3.2.1. Interacteurs

Sur la partie production, c'est l'équipe projet, supervisée par ses enseignants tuteurs qui interviendra et accompagnée par les techniciens responsables des machines de production.

3.2.2. Contraintes

Fonctions		Caractéristiques			
Code :	Désignation :	Critère d'appréciation :	Niveau :	Importance :	Flexibilité :
FC9	Doit être fabricable avec les moyens à notre disposition	Impression 3D	Oui	3	F0
		Découpe laser	Oui	3	F0
		Centres d'usinage	Oui	3	F0
FC10	Doit être fabriqué avec des matériaux à notre disposition	Impressions 3D : PLA, ABS, ...	✘ % du volume total du produit ± ✘%	3	?
		Découpe laser : MDF, PMMA, ...	✘ % du volume total du produit ± ✘%	3	?
		Usinage : Acier, Bois, Aluminium, ...	✘% du volume total du produit ± ✘%	3	?
FC11	Doit être montable	Moyens d'assemblage non permanents	Sans détérioration des pièces	4	F0
		Temps d'assemblage	✘ min ± ✘ min	3	F1
		Compétences requises	Sans qualifications	4	F0
		Matériel requis	Outils standards	3	F1

FC12	Doit respecter le budget	Budget maximal	1400 €		F0
------	--------------------------	----------------	--------	--	----

3.3. Phase de vie n°3 : Commercialisation

3.3.1. Interacteurs

Sur la phase de commercialisation, les interacteurs seront l'équipe projet et le client.

3.3.2. Contraintes

Fonctions		Caractéristiques			
Code :	Désignation :	Critère d'appréciation :	Niveau :	Importance :	Flexibilité :
FC13	Doit être transportable	Déplaçable à la main	2 personnes maximum	4	F1
		Masse maximale	30 kg	4	F2
		Volume maximal	X m x Y m x Z m	4	F2
FC14	Ne doit pas être utiliser à des fins commerciales	Droit de diffusion	Bilan comptable négatif	5	F0

3.4. Phase de vie n°4 : Mise en service et maintenance

3.4.1. Interacteurs

Sur les phases de mise en service et de maintenance, seul le client est en jeu.

3.4.2. Contraintes

Fonctions		Caractéristiques			
Code :	Désignation :	Critère d'appréciation :	Niveau :	Importance :	Flexibilité :
FC15	Doit être simple d'initialisation	Prise en main	Plug and play	5	F0
		Temps d'initialisation	X min ± Y min	3	F1
FC16	Doit être démontable pour la maintenance	Moyens d'assemblage non permanents	Sans détérioration des pièces	3	F0
		Temps de démontage	X min ± Y min	3	F1
		Compétences requises	Sans qualification	4	F0

		Matériel requis	Outils standards	3	F1
		Accessibilité aux composants à maintenir	X min ± Y min	4	F1
FC17	Doit pouvoir être déplaçable en mode hors-tension	Effort minimal pour le déplacer	X N		F1

3.5. Phase de vie n°5 : fin de vie

3.5.1. Interacteurs

Les interacteurs agissant sur la fin de vie du système sont le client qui procèdera au démantèlement du robot puis, lui-même, un nouveau client, ou des agents de traitement des objets usagés.

3.5.2. Contraintes

Fonctions		Caractéristiques			
Code :	Désignation :	Critère d'appréciation :	Niveau :	Importance :	Flexibilité :
FC18	Doit pouvoir être recyclé ou revalorisé	Matériaux recyclable	X % des matériaux recyclables ± Y %	4	F1
		Composants revalorisables	X % des composants revalorisables ± Y %	4	F1
		Bilan carbone	Moins de X keqC ± Y keqC	4	F1

4. Analyse des risques³

Classification des types de risque :

1. Ressources humaines
2. Planification
3. Management
4. Moyens
5. Démarche
6. Contractuel
7. Fonctionnel
8. Technique
9. Organisationnel

³ Voir tableau des criticités des risques projet en annexe 3

Analyse des risques du projet « Robot Visuel De Formation »

N°	Facteur de risque	Conséquences sur le projet	Gi	Vi	Ci	Niveau de risque initial	Actions de réduction des risques	Pilote	E	Gi	Vi	Ci	Niveau du risque résiduel
1.1	Compétences de l'équipe insuffisantes	Absence de solutions techniques Projet non réalisable	5	2	3	Intolérable	Structuration de l'équipe Redistribution des rôles Formation, entraide, motivation	Chef de projet	1	2	1	1	Acceptable
2.1	Prévisions optimistes, ressources et budgets sous-estimés	Retard dans la livraison du projet Abandon de parties du système Difficultés à se procurer le nécessaire pour fabriquer le système	3	2	2	Tolérable sous contrôle	Recoupement de plusieurs estimations détaillées des charges, coûts et plannings Remise en cause des demandes	Chef de projet	1	1	1	1	Acceptable
3.1	Taille excessive du projet	Équipe débordée par le travail Perte de vue de l'objectif principal du projet Oubli d'éléments clefs dans la conception du projet	3	2	2	Tolérable sous contrôle	Création de sous-projets avec responsables Développement incrémental	Mandataire du projet	2	2	1	1	Acceptable
3.2	Nombre d'heures de cours restreint, délais tendus	Retard dans le projet, restriction du projet pour livrer dans les temps	2	3	2	Tolérable sous contrôle	Planification détaillée de tout le projet Suivi hebdomadaire de l'avancement	Chef de projet	2	2	2	1	Acceptable
4.1	Budget serré, manque de financement des sponsors	Incapacité à se procurer les éléments nécessaires à la fabrication du projet	2	3	2	Tolérable sous contrôle	Suivi régulier Réutilisation de logiciels ou composants	Chef de projet, trésorier	2	2	2	1	Acceptable
5.1	Modifications fréquentes	Retard dans le projet	3	1	1	Acceptable en l'état	Seuil d'acceptation des changements	L'équipe de projet	1	2	1	1	Acceptable

	demandées pendant le développement	Altération de la conception du projet					Report des modifications en fin de projet Gestion des versions						
5.2	Flou de l'organisation, maîtrise d'ouvrage / maîtrise d'œuvre	Perte d'organisation des tâches	3	1	1	Acceptable en l'état	Rédaction d'une charte de projet Création de comités de suivi	Chef de projet	2	2	1	1	Acceptable
5.3	Perfectionnisme	Oubli ou abandon de parties nécessaires au projet Parties abordées de façon insuffisante	3	4	3	Intolérable	Examen critique des spécifications Maquettage Calcul des retours sur investissement, analyse de la valeur	Chef de projet	2	2	2	1	Acceptable
6.1	Suivi insuffisant qui ne permet pas de détecter les dérives	Croissance du nombre d'erreurs dans la conception ou fabrication	3	2	2	Tolérable sous contrôle	Réunions de suivi hebdomadaire Planning détaillé Fiches d'activités	L'équipe de projet, chef de projet, enseignants encadrants	3	2	1	1	Acceptable
7.1	Fournitures externes défaillantes	Mauvais fonctionnement ou fonctionnement détérioré du système	3	2	2	Tolérable sous contrôle	Mise en concurrence Contrôle des références Tests de réception	Service de gestion des commandes auprès des fournisseurs	1	2	2	1	Acceptable
8.1	Cahier des charges fonctionnel incomplet	Oubli de fonctions nécessaires au fonctionnement du système Mise en danger de l'utilisateur Détérioration rapide du système	2	2	1	Acceptable en l'état	Développement incrémental Création de groupes de travail d'utilisateurs Revue du cahier des charges	Chef de projet, mandataire	2	2	1	1	Acceptable

8.2	Produit final ne répondant pas aux attentes de l'utilisateur	Pertes de moyens financiers Aucun retour sur investissement	4	2	2	Tolérable sous contrôle	Analyse du travail Maquettage Rédaction anticipée des tests de réception ou des manuels utilisateurs Mesure de l'insatisfaction	Utilisateurs, chef de projet	2	3	2	2	Tolérable sous contrôle
-----	--	--	---	---	---	-------------------------	--	------------------------------	---	---	---	---	-------------------------

Cadre de réponse précisant et analysant les solutions retenues

à remplir à la fin de la TC22 AFT

À compléter au fur et à mesure du projet.

Annexes

Annexe 1 : Sujet de PJT 2A

⇒ À voir avec un enseignant référent (M.VIPREY ou Mme.DANGLADE)

Annexe 2 : Différents modes de vitesse en fonction de la distance d'un objet

Mode	Distance de détection d'un obstacle	Vitesse linéaire
1	Obstacle hors de la détection des capteurs	$V_{\max} = X$
2	Obstacle à moins de X m	X
3	Obstacle dans périmètre de sécurité	X

Annexe 3 : Tableau de criticité des risques projet

Tableau de criticité des risques projet						
		Classes de gravité				
		G1	G2	G3	G4	G5
Classe de vraisemblance	V5	C2	C2	C3	C3	C3
	V4	C2	C2	C3	C3	C3
	V3	C1	C2	C2	C3	C3
	V2	C1	C1	C2	C2	C3
	V1	C1	C1	C1	C1	C2

Tableau d'échelle de criticité des risques projet		
Classe de criticité	Niveau de risque	Nature des décisions
C1	Acceptable en l'état	Le projet peut se dérouler nominalement sans démarrer d'action complémentaire
C2	Tolérable sous contrôle	Le projet utilise les marges pour aléas et contrôle leur évolution
C3	Inacceptable	Le projet engage en urgence des actions spécifiques telles que la modification de la stratégie, de l'organisation,

Figure 3 : Tableau des criticités

Annexe 4 : Synthèses des différents types de sols soumis au robot

	Granulométrie	Etats possibles de l'état de surface	Coeff de frottement avec du caoutchou	Coeff de frottement avec du ...
Lino			0,3	
Bois				

Pierre/béton			0,6-0,85 (sec) 0,45-0,75 (mouillé)	
Moquette				

<https://www.finesoftware.fr/aide-contextuelle/geo5/fr/tableau-de-l-angle-delta-pour-divers-materiaux-01/> pour de la terre

<file:///C:/Users/pkuff/Downloads/Coefficients%20de%20Frottement.pdf> données

https://maron.perso.univ-pau.fr/meca_old/ch3coef.htm