

Méthode TRIZ

Assistant Robotisé Audiovisuel

Table des matières

1. Maison de la qualité	2
a) Déplacement	2
a) Vidéoprojecteur.....	6
2. Identification d'une problématique TRIZ	9
3. Identification des ressources.....	10
a) Déplacement	10
b) Vidéoprojecteur.....	10
4. Identifier les contradictions physiques et technologiques	11
a) Déplacement	11
b) Vidéoprojecteur.....	11
5. Recherche des paramètres TRIZ.....	13
a) Déplacement	13
b) Vidéoprojecteur.....	13
6. Identification des solutions TRIZ	14
a) Déplacement	14
b) Vidéoprojecteur.....	15
7. Proposition des solutions	16
a) Déplacement	16
b) Vidéoprojecteur.....	18
8. Comparaison des solutions puis description de la solution retenue	18
a) Déplacement	18
b) Vidéoprojecteur.....	20
Bibliographie.....	22

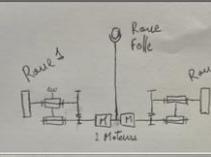
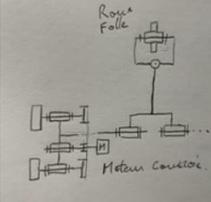
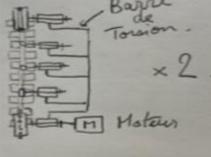
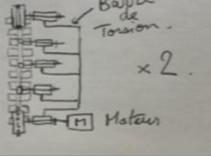
1. Maison de la qualité

a) Déplacement

Nous avons retenu cinq solutions répondant au critère de déplacement du robot :

- Avec deux roues motrices et une roue folle ;
- Avec quatre roues motrices et une roue folle ;
- Avec une chenille plate ;
- Avec une chenille trapézoïdale ;
- Avec des bras/pieds qui marchent.

L'ensemble de ces solutions ont été reliées aux contraintes techniques suivant ces paramètres :

	CT1 : Alimentation	CT2 : Pré-actionneur	CT3 : Actionneur	CT4 : Transmission	CT5 : Transformation
	Fonctionnement sur batterie et sur secteur, avec système de recharge embarqué	Présence d'un hacheur 2 cadrans + résistance de retour d'énergie	Moteur MCC	Arbre + accouplement simple	Réducteur pignons
	Fonctionnement sur batterie et sur secteur, avec système de recharge embarqué	Présence d'un hacheur 2 cadrans + résistance de retour d'énergie	Moteur MCC	Arbre + accouplement simple	Courroie
	Fonctionnement sur batterie et sur secteur, avec système de recharge embarqué	ESC : Electronic Speed Controller	Moteur brushless ou synchrone	Arbre de torsion	Grand réducteur avec une vis sans fin
	Fonctionnement sur batterie et sur secteur, avec système de recharge embarqué	ESC : Electronic Speed Controller	Moteur brushless ou synchrone	Arbre de torsion	Grand réducteur avec une vis sans fin
	Fonctionnement sur batterie et sur secteur, avec système de recharge embarqué	PWM (MLI) : modulation de la largeur d'impulsion pour permettre une commande en valeur moyenne	Servomoteur 180°	Système de bielle manivelle et de mouvement mécanique simple	Came et bras de levier

	CT6 : Agir	CT7 : Liaison démontable	CT8 : Contrainte matériaux	CT9 : Interface robot
Solution 1 :	Roue en caoutchouc	Liaisons vissées	Métal et bois	Batterie sous forme d'un bloc
Solution 2 :	Roue en caoutchouc	Liaisons vissées	Métal et bois	Batterie sous forme d'un bloc
Solution 3 :	Barbotin associé à une chenille sous forme de trapèze	Liaisons vissées	Métal et bois	Batterie sous forme d'un bloc
Solution 4 :	Barbotin associé à une chenille sous forme plate	Liaisons vissées	Métal et bois	Batterie sous forme d'un bloc
Solution 5 :	Pied	Liaisons vissées	Métal et bois	Batterie sous forme d'un bloc

La maison de la qualité nous a permis de retenir treize exigences associées à huit contraintes techniques. Celles-ci nous ont permis de définir des niveaux d'importance permettant de choisir une solution. Pour quantifier l'adéquation entre une solution proposée et la problématique, on vote pour chaque solution en s'appuyant sur les exigences données par le cahier des charges.

Exigences	Contraintes techniques
E1 : Vitesse linéaire maximum	Alimentation
E2 : Accélération linéaire maximum	Pré-actionneur
E3 : Accélération tangentielle maximum	Actionneur
E4 : Tourner sur lui-même	Transmission
E5 : Marche arrière	Transformation
E6 : Hauteur à franchir	Agir
E7 : Être réversible (transport)	Liaison démontable
E8 : Masse et encombrement faible	Contrainte matériaux
E9 : Monter et descendre une pente	Interface robot
E10 : Déplacement sur tout type de sol	
E11 : Freinage	
E12 : Prix faible	
E13 : Maintenance	
E14 : Montabilité aisée	
E15 : Association cohérente entre les parties du robot	
E16 : Impact carbone mini pendant sa durée de vie	
E17 : Doit être autonome	

Tableau 1 : Exigences du cahier des charges

		Caractéristiques techniques CTj								
		CT1	CT2	CT3	CT4	CT5	CT6	CT7	CT8	CT9
E1	0,0	3,7	4,3	2,3	3,3	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
E2	0,0	3,7	4,7	1,7	2,3	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0
E3	0,0	3,7	4,7	1,7	2,3	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0
E4	0,0	1,3	2,7	1,8	3,0	4,0	1,0	0,0	0,0	0,0
E5	1,0	4,3	4,0	3,2	3,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0
E6	1,3	0,0	1,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,7	0,0	0,0
E7	1,3	3,3	3,7	4,3	4,3	1,7	1,0	0,0	0,0	0,0
E8	0,7	1,0	2,3	3,2	3,3	2,3	3,0	4,0	0,7	0,7
E9	2,0	0,0	1,3	0,5	0,0	4,7	0,0	1,0	0,0	0,0
E10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	3,3	0,0	0,0
E11	1,3	3,3	3,7	2,0	2,0	2,7	0,0	0,7	0,0	0,0
E12	3,7	3,7	3,7	3,3	3,3	3,0	1,7	3,7	1,7	1,7
E13	2,7	2,7	4,0	4,0	4,0	4,3	4,3	2,7	4,0	4,0
E14	2,0	2,7	4,0	4,0	4,0	4,3	4,3	1,7	3,3	3,3
E15	1,7	2,0	3,0	2,8	2,3	2,3	4,7	1,3	4,7	4,7
E16	5,0	4,0	3,7	2,2	2,0	3,3	0,0	4,0	1,7	1,7
E17	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tableau 2: Tableau des corrélations entre les caractéristiques techniques et les exigences

On constate que l'ensemble des exigences du cahier des charges sont représentées au moins une fois par l'ensemble des caractéristiques techniques.

Ensuite, on a voté pour l'ensemble des solutions en prenant en compte les 17 exigences. On va donc pouvoir comparer l'ensemble des performances associées à ces solutions.

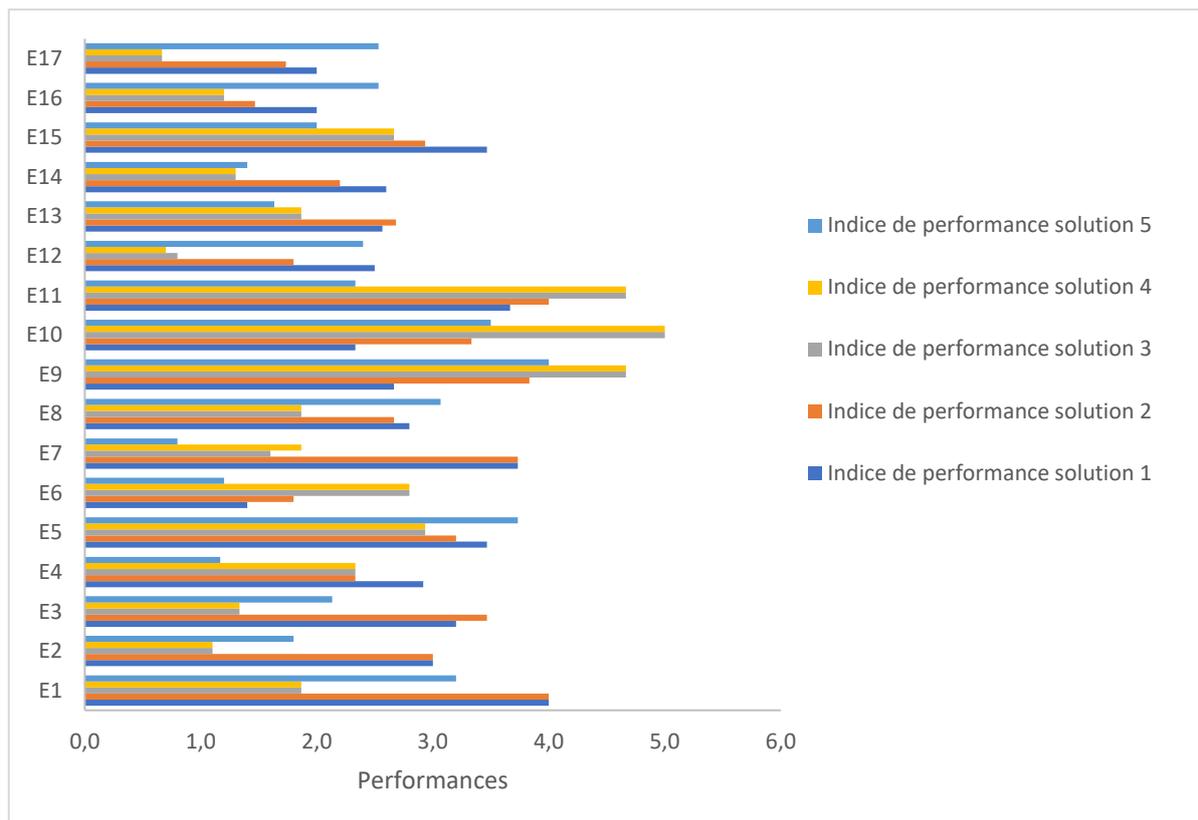


Figure 1 : Tableau de comparaison des performances des solutions

On constate que les exigences E9, E10 et E11 sont très pertinentes. Ce résultat correspond aux exigences d'interface avec l'environnement extérieur. Cependant, les exigences E14 et E17 ont des indices de performances plus médiocres. Pour la montabilité, cette exigence n'est pas un problème, car il existe un ensemble de solutions techniques définies dans les livres techniques, or l'exigence E17 : doit être autonome, est un réel problème qui relie des contraintes physiques.

Finalement, les solutions comprenant des roues motrices sont toutes les deux les meilleures. Cependant, les chenilles demeurent excellentes vis-à-vis des contraintes de déplacement sur des sols mauvais tels qu'un sol comprenant des graviers, des trous, des pentes ou un franchissement d'obstacles. On va donc continuer d'étudier les deux solutions en prenant les deux meilleures, et détailler ces solutions dans une étape 2. Il manque la cinématique et les modèles dynamiques associés aux deux solutions.

a) Vidéoprojecteur

Nous avons retenu quatre solutions répondant à l'orientation et aux performances de notre vidéoprojecteur :

	CT1 : Système de projection	CT2 : Système mise au point	CT3 : Système de fixation du système de projection
Solution 1	Vidéoprojecteur du Fablab (1080p, correction trapézoïdale auto, pas d'auto focus)	Aucun système de mise au point	Mise en position plan 3 points, maintient avec la fixation du vidéoprojecteur
Solution 2	Vidéoprojecteur du Fablab	Système extérieur de mise au point par translation (figure 1)	Mise en position plan 3 points, maintient avec la fixation du vidéoprojecteur
Solution 3	Vidéoprojecteur du Fablab	Système extérieur de mise au point par rotation (figure 2)	Armature maintenant le vidéoprojecteur par l'extérieur
Solution 4	Vidéoprojecteur haut de gamme avec autofocus intégré, correction trapézoïdale auto, haute définition et forte luminosité	Système de mise au point intégré au vidéoprojecteur	Dépendra du vidéoprojecteur

	CT4 : Système de mise en rotation	CT5 : Système d'alimentation	CT6 : Système sonore
Solution 1	Pas d'inclinaison	Fonctionnement uniquement sur batterie, sans système de recharge embarqué	Pas de système sonore
Solution 2	Inclinaison par couronne/pignon	Fonctionnement uniquement sur batterie, système de recharge embarqué	Pas de système sonore
Solution 3	Inclinaison par vérin	Fonctionnement sur batterie et sur prise secteur, système de recharge embarqué	Système sonore intégré au robot
Solution 4	Positionnement de l'image automatique (numérique et mécanique)	Fonctionnement sur batterie et sur prise secteur, système de recharge embarqué	Système sonore inclus dans le vidéoprojecteur, prise jack pour connecter un système sonore extérieur

Figure 2 : solutions retenues au regard des CT

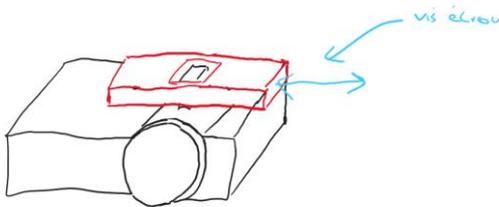


Figure 1

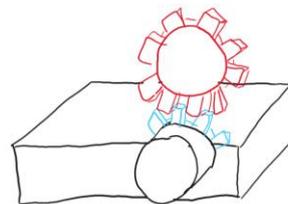


Figure 2

Au vu de notre cahier des charges, et des différentes contraintes trouvées, nous avons retenu neuf exigences associées à 6 contraintes. Celles-ci nous ont permis de définir des niveaux d'importance permettant de choisir une solution.

Exigences	Contraintes techniques
E1 : Doit être capable de projeter une présentation ou un jeu (Mise au point automatique)	Système de projection
E2 : Doit être capable de projeter une présentation ou un jeu (Netteté)	Système de mise au point
E3 : Doit être autonome (Autonomie de la batterie)	Système de fixation du système de projection
E4 : Doit respecter les normes de sécurité structurelle et électrique	Système de mise en rotation
E5 : Doit avoir un coût raisonnable	Système d'alimentation
E6 : Doit pouvoir se recharger	Système sonore
E7 : Doit avoir un système sonore qui émet une intensité sonore max de 80dB	
E8 : Doit pouvoir se connecter à un système sonore extérieur	
E9 : Doit pouvoir projeter dans une salle avec une intensité lumineuse max de 300lux	

Figure 3 : Exigences issues du cahier des charges

	Caractéristiques techniques CTj					
	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5	CT6
E1	4,8	4,8	0,8	2,8	2,3	2,3
E2	4,5	5,0	1,3	3,0	1,3	1,3
E3	3,5	2,0	0,5	2,8	5,0	5,0
E4	4,3	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0
E5	5,0	4,5	4,0	4,5	4,5	4,8
E6	2,8	2,5	0,0	2,8	5,0	2,0
E7	3,0	0,0	0,0	0,0	1,3	5,0
E8	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
E9	4,8	2,3	0,0	0,0	1,8	0,0

On constate que l'ensemble des exigences du cahier des charges sont représentées au moins une fois par l'ensemble des caractéristiques techniques.

Ensuite on a voté pour l'ensemble des solutions en prenant en compte les 9 exigences. On va donc pouvoir comparer l'ensemble des performances associées à ces solutions.

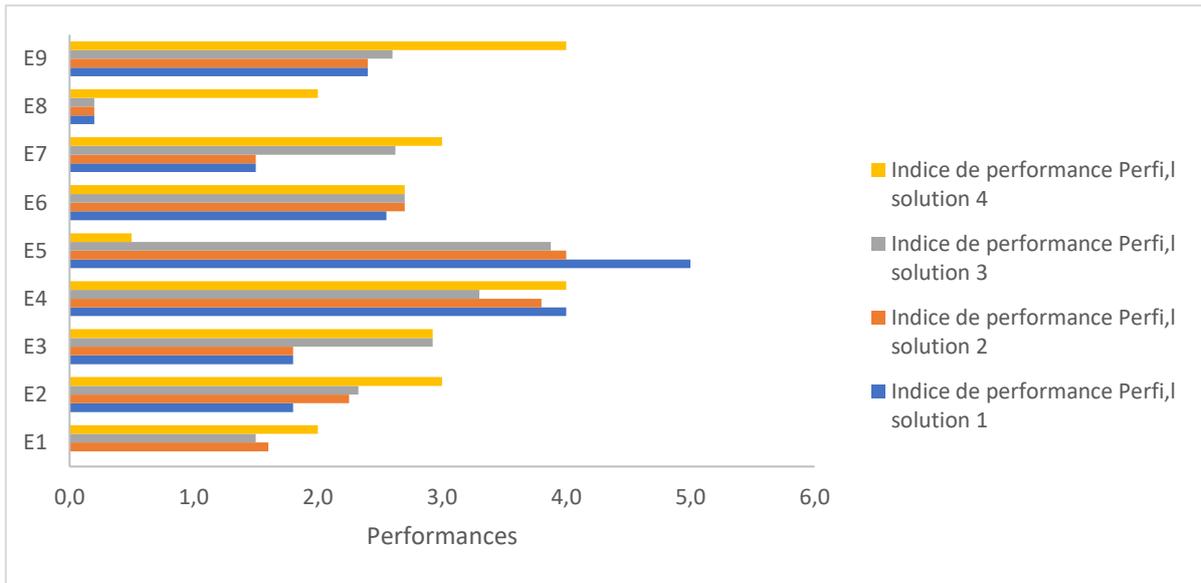


Figure 4: Tableau de comparaison des performances des solutions

La maison de la qualité nous permet de mettre en évidence une solution qui correspond le mieux pour chaque exigence :

Exigence	Solution idéale
E1 : Doit être capable de projeter une présentation ou un jeu (Mise au point automatique)	Solution 4
E2 : Doit être capable de projeter une présentation ou un jeu (Netteté)	Solution 4
E3 : Doit être autonome (Autonomie de la batterie)	Solutions 3 et 4
E4 : Doit respecter les normes de sécurité structurelle et électrique	Solutions 1 et 4
E5 : Doit avoir un coût raisonnable	Solution 1
E6 : Doit pouvoir se recharger	Solutions 2, 3 et 4
E7 : Doit avoir un système sonore qui émet une intensité sonore max de 80dB	Solution 4
E8 : Doit pouvoir se connecter à un système sonore extérieur	Solution 4
E9 : Doit pouvoir projeter dans une salle avec une intensité lumineuse max de 300lux	Solution 4

Figure 5 : Association des solutions et des exigences

En conclusion, la maison de la qualité démontre que la solution la plus pertinente est celle comprenant un vidéoprojecteur avec tous les réglages automatiques (autofocus intégré, positionnement de l'image automatique, etc.). Néanmoins, cette solution est très coûteuse, d'autant plus que le projet vise à réutiliser un vidéoprojecteur fourni par le client et de l'adapter pour qu'il offre des fonctionnalités tout aussi avancées qu'un vidéoprojecteur récent. D'après la maison de la qualité, la solution comprenant le vidéoprojecteur du client demeure pertinente. Cependant, il est important de noter que la contrainte de fixation n'a pas été prise en compte dans les solutions proposées : on devrait alors réfléchir à l'intégration de cette dernière dans l'ensemble des solutions.

2. Identification d'une problématique TRIZ

La maison de la qualité nous a permis de mettre en évidence la problématique de l'autonomie. Que ce soit pour la partie déplacement ou projection, l'autonomie est un critère peu respecté par les solutions trouvées. De plus, l'autonomie a un impact sur une grande partie des autres exigences du cahier des charges, et est l'une des attentes les plus importantes du client. Nous allons donc mettre en place la méthode TRIZ, pour la partie déplacement et projection, avec comme problématique commune l'autonomie.

3. Identification des ressources

a) Déplacement

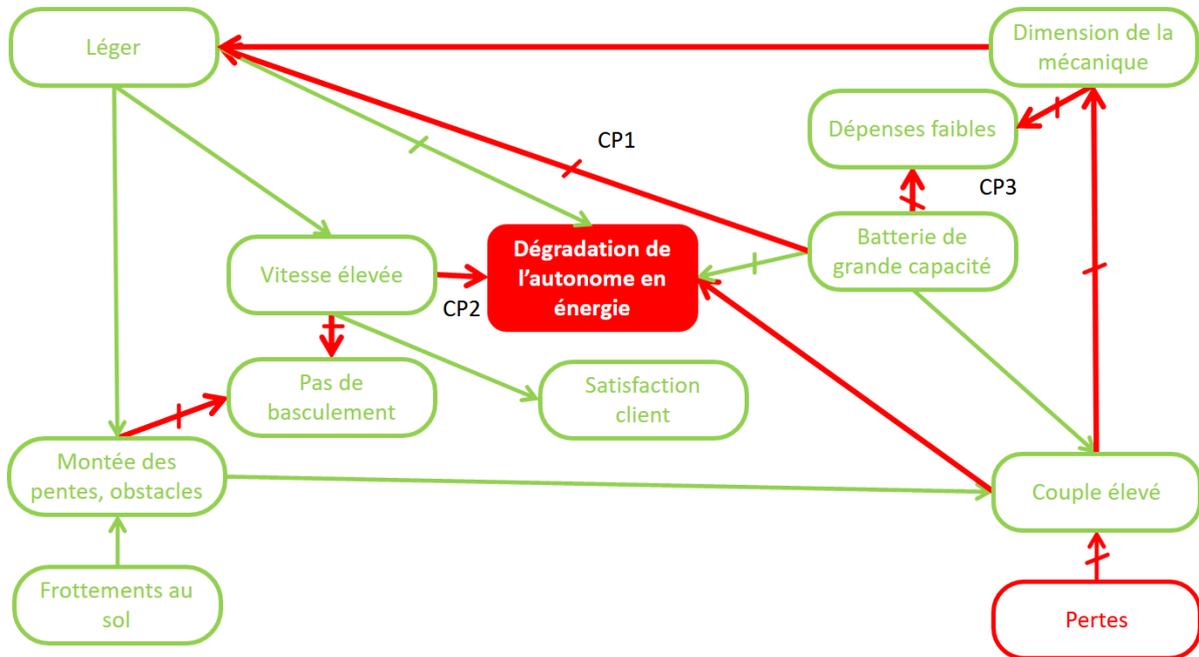


Figure 6 : Identification des ressources au niveau du déplacement du robot

b) Vidéoprojecteur

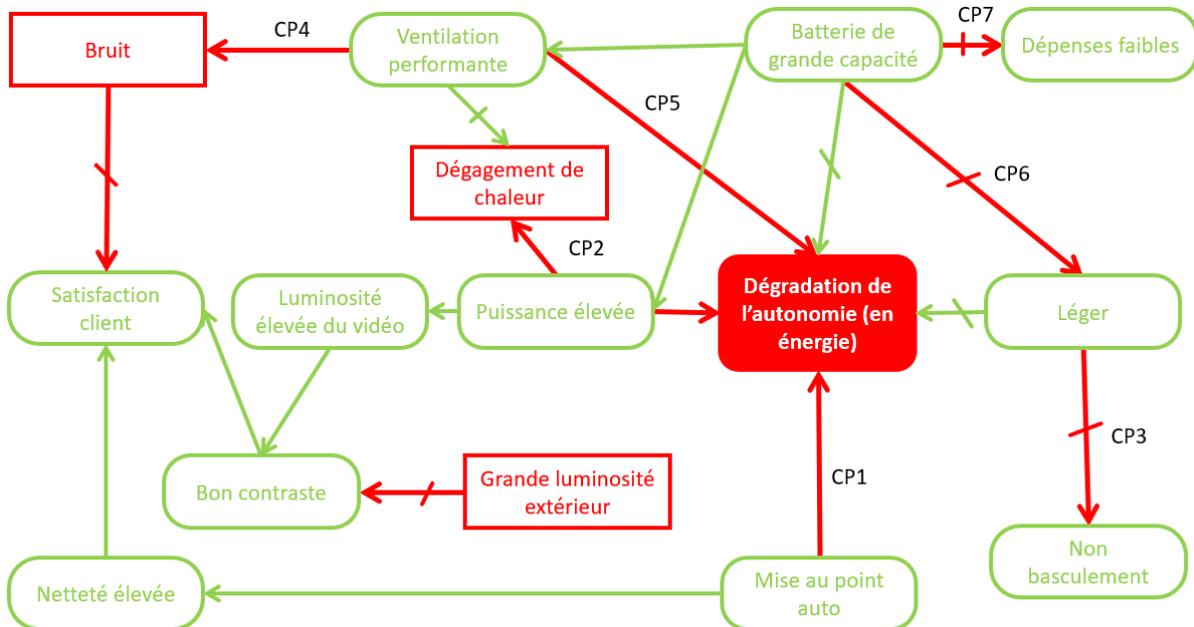


Figure 7 : Identification des ressources au niveau du vidéoprojecteur du robot

4. Identifier les contradictions physiques et technologiques

a) Déplacement

a. Contradictions physiques

CP1 : La batterie de grande capacité doit exister parce qu'elle empêche la dégradation de l'autonomie et ne doit pas exister car elle contrarie la légèreté du robot.

CP2 : L'augmentation de la vitesse doit exister parce qu'elle favorise la satisfaction du client et ne doit pas exister car elle contrarie la capacité du robot à ne pas basculer.

CP3 : La batterie de grande capacité doit exister parce qu'elle empêche la dégradation de l'autonomie et ne doit pas exister car elle contrarie les faibles dépenses.

b. Conversions

CT11 : La diminution de la capacité de la batterie dégrade l'autonomie du robot.

CT12 : L'augmentation de la capacité de la batterie dégrade la légèreté du robot.

CT21 : L'augmentation de la vitesse dégrade la capacité du robot à ne pas basculer.

CT22 : L'augmentation de la vitesse dégrade l'autonomie de la batterie.

CT31 : La diminution de la capacité de la batterie dégrade l'autonomie du robot.

CT32 : L'augmentation de la capacité de la batterie dégrade le faible coût du robot.

c. Contraintes techniques

CT5 : L'augmentation de la dimension de l'arbre de transmission dégrade le faible coût du robot.

CT6 : L'augmentation de la légèreté dégrade la capacité du robot à ne pas basculer.

CT7 : L'augmentation de l'inclinaison de la pente du sol dégrade la capacité du robot à ne pas basculer.

b) Vidéoprojecteur

a. Contraintes physiques

CP 1 : Le facteur utile « mise au point automatique » devrait exister car il fournit une « netteté élevée » mais ne devrait pas exister afin d'éviter de créer une « dégradation de l'autonomie ».

CP 2 : Le facteur utile « puissance élevée » devrait exister car il fournit une « luminosité élevée », mais pour éviter devrait pas exister afin de causer un « dégagement de chaleur ».

CP 3 : Le facteur utile « léger » devrait exister car il empêche une « dégradation de l'autonomie », mais ne devrait pas exister car il contrarie le facteur « non-basculement ».

CP 4 : Le facteur utile « puissance élevée » devrait exister car il fournit une « luminosité élevée », mais ne devrait pas exister pour éviter de causer une « dégradation de l'autonomie ».

CP 5 : Le facteur utile « ventilation performante » devrait exister car il empêche le « dégagement de chaleur » mais ne devrait pas exister car il cause une « dégradation de l'autonomie ».

CP 6 : Le facteur utile « batterie grande capacité » devrait exister car il procure de la « ventilation », il procure une « puissance élevée » et il empêche une « dégradation de l'autonomie » mais ne devrait pas exister car il contrarie le facteur « léger ».

CP 7 : Le facteur utile « batterie grande capacité » devrait exister car il procure de la « ventilation », il procure une « puissance élevée » et il empêche une « dégradation de l'autonomie » mais ne devrait pas exister car il contrarie des « dépenses faibles ».

b. Conversions

CT 11 : La mise au point automatique dégrade l'autonomie de la batterie.

CT 12 : La mise au point automatique favorise une netteté élevée.

CT 21 : Une puissance élevée favorise une luminosité élevée.

CT 22 : Une puissance élevée dégage de la chaleur.

CT 31 : Une masse légère favorise l'autonomie.

CT 32 : Une masse légère dégrade le facteur de non-basculement.

CT 41 : Une puissance élevée favorise une luminosité élevée.

CT 42 : Une puissance élevée dégrade l'autonomie.

CT 51 : La ventilation favorise l'évacuation de chaleur.

CT 52 : La ventilation dégrade l'autonomie.

CT 61 : Une batterie grande capacité favorise la ventilation.

CT 62 : Une batterie grande capacité favorise une puissance élevée

CT 63 : Une batterie grande capacité favorise l'autonomie.

CT 64 : Une batterie grande capacité dégrade la légèreté.

CT 71 : Une batterie grande capacité favorise la ventilation.

CT 72 : Une batterie grande capacité favorise une puissance élevée

CT 73 : Une batterie grande capacité favorise l'autonomie.

CT 74 : Une batterie grande capacité dégrade les dépenses.

5. Recherche des paramètres TRIZ

Lien vers les documents utiles :

[TRIZ pour les nuls : 40 principes d'innovation - Innover Malin \(innover-malin.com\)](http://innover-malin.com)

[Matrice TRIZ : 40 principes / tableau TRIZ / table des contradictions \(triz40.com\)](http://triz40.com)

a) Déplacement

CT	Paramètres à améliorer	Paramètres en conflit
11/31	Volume objet mobile (7)	Énergie dépensée par l'objet mobile (19)
12	Énergie dépensée par l'objet mobile (19)	Masse d'un objet mobile (1)
21	Vitesse (9)	Stabilité de la composition de l'objet (13)
22	Vitesse (9)	Énergie dépensée par l'objet mobile (19)
32	Énergie dépensée par l'objet mobile (19)	Productivité (39)
5	Longueur d'un objet mobile (3)	Productivité (39)
6	Poids d'un objet mobile (1)	Stabilité de la composition de l'objet (13)
7	Facteurs nuisibles agissant sur l'objet (30)	Stabilité de la composition de l'objet (13)

b) Vidéoprojecteur

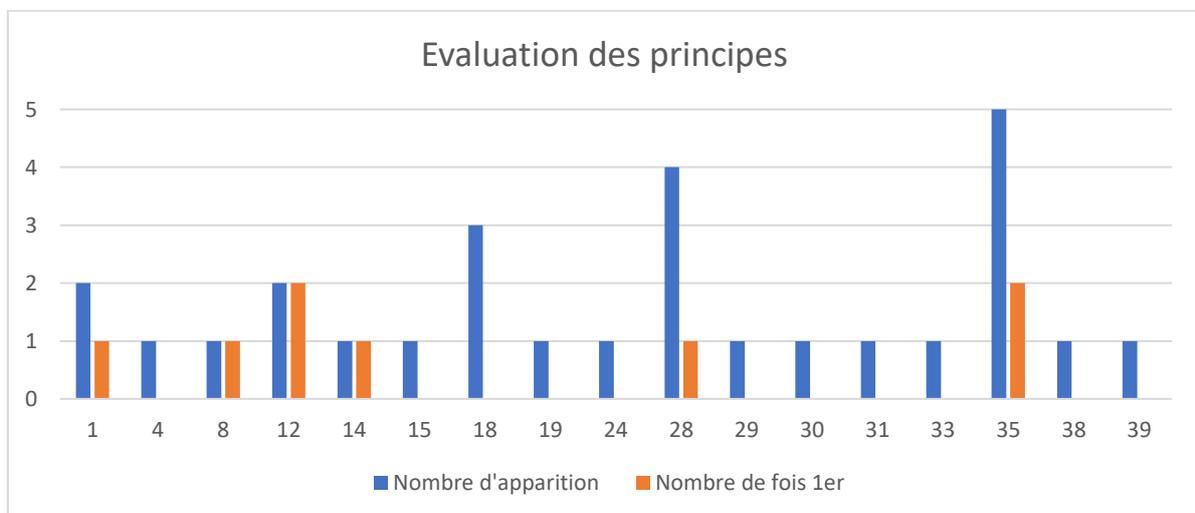
CT	Paramètres à améliorer	Paramètres en conflit
12/11	Éclairage (18)	Énergie dépensée par l'objet immobile (20)
21/22	Éclairage (18)	Température (17)
31/32	Stabilité de la composition de l'objet (13)	Énergie dépensée par l'objet immobile (20)
41/42	Éclairage (18)	Énergie dépensée par l'objet immobile (20)
51/52	Température (17)	Énergie dépensée par l'objet immobile (20)
61/64	Température (17)	Stabilité de la composition de l'objet (13)
62/64	Puissance (21)	Stabilité de la composition de l'objet (13)
63/64	Énergie dépensée par l'objet immobile (20)	Stabilité de la composition de l'objet (13)
71/74	Température (17)	Productivité (39)
72/74	Puissance (21)	Productivité (39)
73/74	Énergie dépensée par l'objet immobile (20)	Productivité (39)

6. Identification des solutions TRIZ

a) Déplacement

CT	Principes
11/31	35 : Modification de paramètre
12	12 : Équipotentialité 18 : Vibrations mécaniques 28 : Remplacement du système méca 31 : Matériau poreux
21	28 : Remplacement du système méca 33 : Homogénéité 1 : Segmentation 18 : Vibrations mécaniques
22	8 : Contrepoids 15 : Mobilité 35 : Modification de paramètres 38 : Oxydants puissants
32	12 : Équipotentialité 28 : Remplacement du système méca 35 : Modification de paramètres
5	14 : Sphéricité 4 : Asymétrie 28 : Remplacement du système méca 29 : Pneumatique et hydraulique
6	1 : Segmentation 35 : Modification de paramètres 19 : Action périodique 39 : Environnement inerte
7	35 : Modification de paramètres 24 : Intermédiaire 30 : Membranes flexibles et parois minces 18 : Vibrations mécaniques

	Nombre d'apparit°	Nombre de fois 1 ^{er}
1	2	1
4	1	0
8	1	1
12	2	2
14	1	1
15	1	0
18	3	0
19	1	0
24	1	0
28	4	1
29	1	0
30	1	0
31	1	0
33	1	0
35	5	2
38	1	0
39	1	0

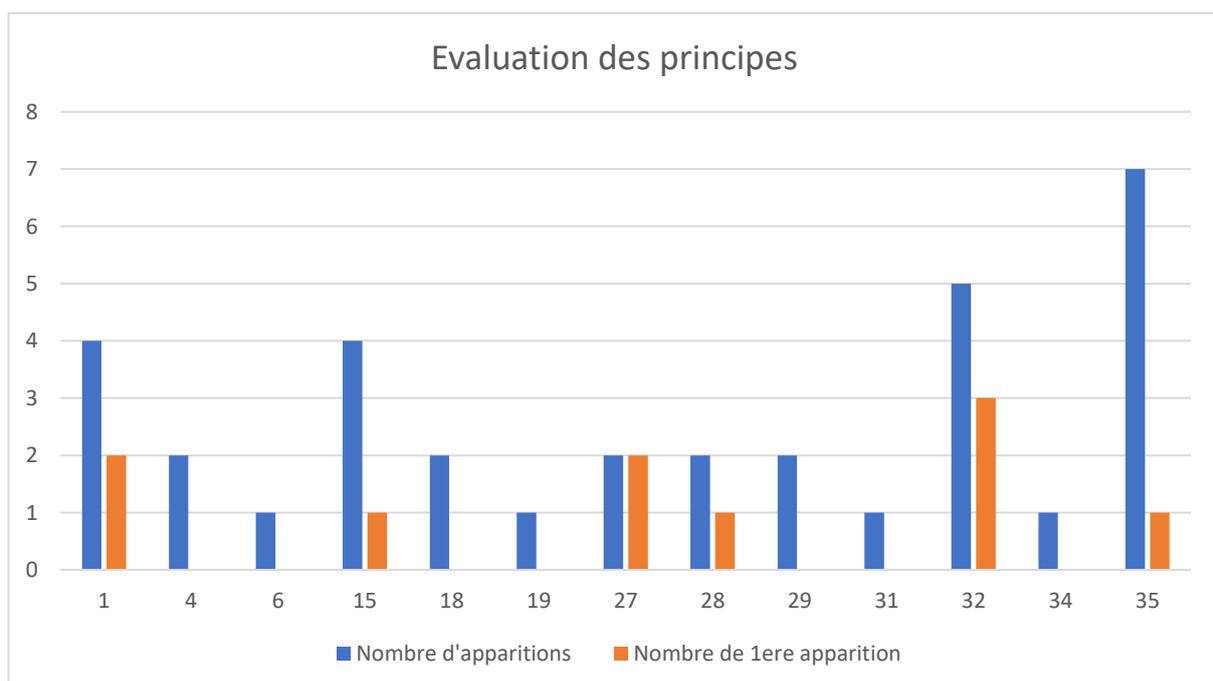


b) Vidéoprojecteur

CT	Principes
11/12	32 : Changement de couleur 35 : Modification de paramètre 1 : Segmentation 15 : Mobilité
21/22	32 : Changement de couleur 35 : Modification de paramètre 19 : Action périodique
31/32	27 : Objet éphémère et bon marché 4 : Asymétrie 29 : Pneumatique et hydraulique 18 : Vibrations mécaniques
41/42	32 : Changement de couleur 35 : Modification de paramètre 1 : Segmentation 15 : Mobilité
51/52	Pas de solution
61/64	1 : Segmentation 35 : Modification de paramètre 32 : Changement de couleur
62/64	35 : Modification de paramètre 32 : Changement de couleur 15 : Mobilité 31 : Matériau poreux
63/64	27 : Objet éphémère et bon marché 4 : Symétrie 29 : Pneumatique et hydraulique 18 : Vibrations mécaniques

71/74	15 : Mobilité 28 : Remplacement du système mécanique 35 : Modification de paramètre
72/74	28 : Remplacement du système mécanique 35 : Modification de paramètre 34 : Éliminer et récupérer
73/74	1 : Segmentation 6 : Universalité

	Nombre d'apparition	Nombre de 1ere apparition
1	4	2
4	2	0
6	1	0
15	4	1
18	2	0
19	1	0
27	2	2
28	2	1
29	2	0
31	1	0
32	5	3
34	1	0
35	7	1



7. Proposition des solutions

a) Déplacement

L'identification des solutions a permis de dégager 4 grands axes de recherche afin de résoudre les problèmes. Ces principes sont les numéros 35, 28, 18 et 12 (ordre du plus grand nombre d'apparition au plus petit). L'ensemble des données proviennent du site internet TRIZ 40.

- Principe 35 : Modification des paramètres :

Modifier l'état physique d'un objet

On peut passer d'un système électrique à un autre système de puissance. Comme un système hydraulique ou passer à un moteur à combustion.

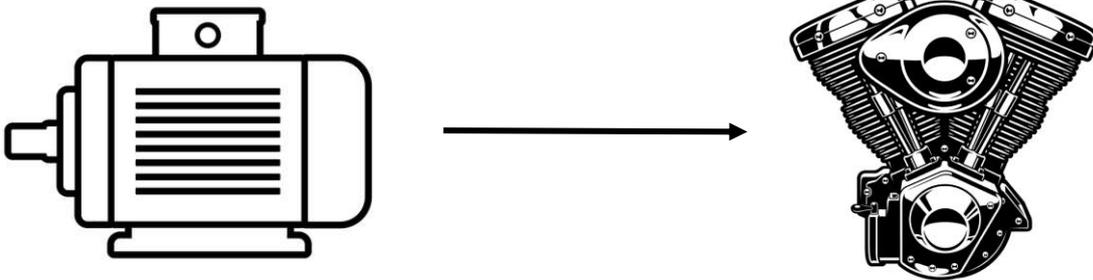


Figure 8: moteur thermique

- Principe 28 : Remplacement du système mécanique :

Utiliser des champs électriques, magnétiques, électromagnétiques pour interagir avec l'objet.

On peut passer d'un système à roues motorisées avec un lourd système de transmission (plusieurs engrenages à la suite) ayant un très mauvais rendement à des roues de formes sphériques commandées électroniquement avec un système d'électroaimants. Ce projet est futuriste, une solution plus raisonnable serait de réduire l'ensemble de la transmission afin d'augmenter le rendement.



Figure 9: Voiture futuriste

- Principe 18 : Vibration mécanique :

Faire osciller ou vibrer un objet.

On peut proposer, afin de résoudre le problème de basculement une solution mécanique de rotation. Une masse mise en rotation a une grande énergie cinétique pour avoir un moment gyroscopique contrôlant la stabilité du robot.

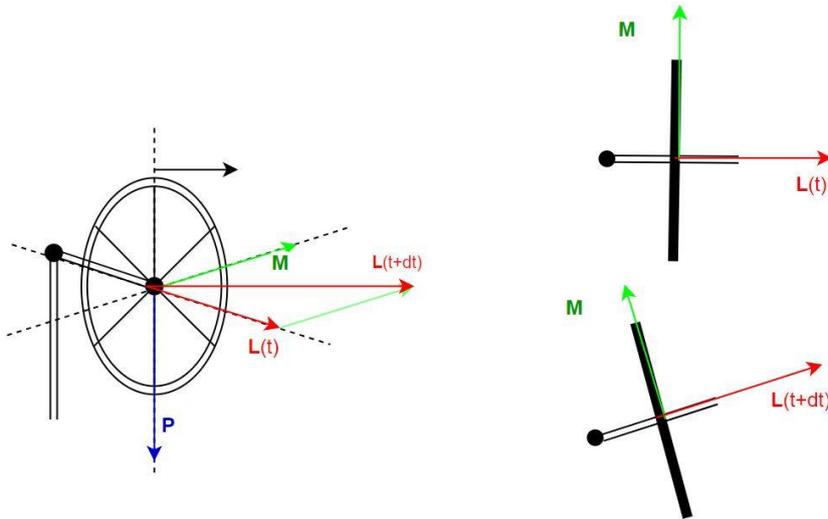


Figure 10: démonstration de l'utilité du moment gyroscopique

- Principe 12 : Segmentation :

Diviser un objet en parties indépendantes

On peut décomposer le robot en sous-système de différentes masses et les répartir de façon à équilibrer le robot autour de l'axe (Oz) et placer les masses élevées au plus bas du robot afin d'abaisser le centre de gravité.

b) Vidéoprojecteur

L'identification des principes avec le site internet TRIZ 40 a permis de dégager 4 grands axes de recherche afin de résoudre les problèmes. Ces principes sont les numéros 27, 1, 35 et 28 (ordre du plus grand nombre d'apparition au plus petit).

Solution 32 : Modification de la couleur d'un objet ou de son environnement extérieur

Favoriser l'utilisation du système dans des pièces sombres afin de réduire la consommation énergétique du vidéoprojecteur.

Solution 27 : Remplacer un objet cher par un ensemble d'objets bon marché, en renonçant à certaines qualités

Acheter des cellules de batterie auprès d'un fournisseur offrant un rapport qualité prix intéressant.

Solution 1 : Diviser un objet en parties indépendantes

Décomposer la batterie en un pack de cellules que nous pouvons répartir dans l'ensemble du robot pour répartir les masses.

Solution 35 : Modifier l'état physique d'un objet

Choisir une batterie offrant une densité énergétique élevée et une chimie permettant un échauffement moindre des cellules.

8. Comparaison des solutions puis description de la solution retenue

a) Déplacement

On peut synthétiser les solutions du TRIZ avec trois d'entre-elles qui nous ont semblées pertinentes vis-à-vis de notre cahier des charges :

- Ramener le moteur au plus près de l'axe de la roue pour diminuer les frottements et simplifier et rendre plus fiable la mécanique ;
- Changer la méthode de production de la source du mouvement et enlever la batterie. Intégrer un moteur thermique avec un réservoir pour l'essence et pour l'huile ;
- Abaisser le centre de gravité en divisant le robot en systèmes distincts comme la batterie morcelée.

On rappelle les solutions issues de l'étude de la maison de la qualité en prenant les deux meilleures :

- Déplacement avec deux roues et une roue folle ;
- Déplacement avec des éléments à chenilles.

Au vu des solutions issues de la maison de la qualité, celles-ci étaient construites sur un système de transformation et de démultiplication du mouvement. Son avantage était d'acheter un moteur pas très cher, venant du commerce. Avec les solutions venant du TRIZ, on peut acheter un moteur adapté à nos besoins, et permettre une conception simple, et un rendement maximum (le moins de pièces en mouvement). Concernant le moteur thermique, cette solution n'est pas acceptable pour toutes les raisons qui concernent le moteur thermique : pollution, réservoir supplémentaire, huile, gaz, etc. Cependant, pour la dernière solution, la décomposition de la batterie en plusieurs petits

blocs, cela n'est pas réducteur vis-à-vis de nos solutions issues de la maison de la qualité. Cette intégration est donc une bonne solution globale.

Pour conclure, la solution retenue est un robot ayant un déplacement à deux roues motorisées et une roue folle, motorisé par deux moteurs électriques ayant une reprise directement sur l'axe de la roue. Ce moteur à courant continu sera choisi à l'issue d'une étude dynamique du robot. La batterie sera disloquée en petites pièces pour descendre le centre de gravité et permettre le non-basculement.

FAST:

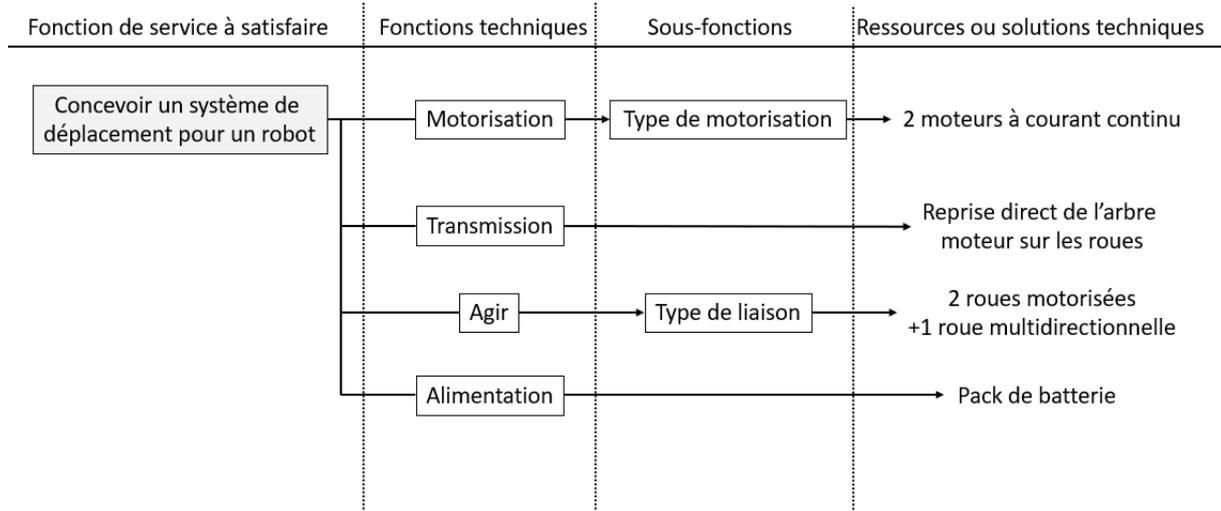


Figure 11: FAST de la solution du déplacement

Sysml:

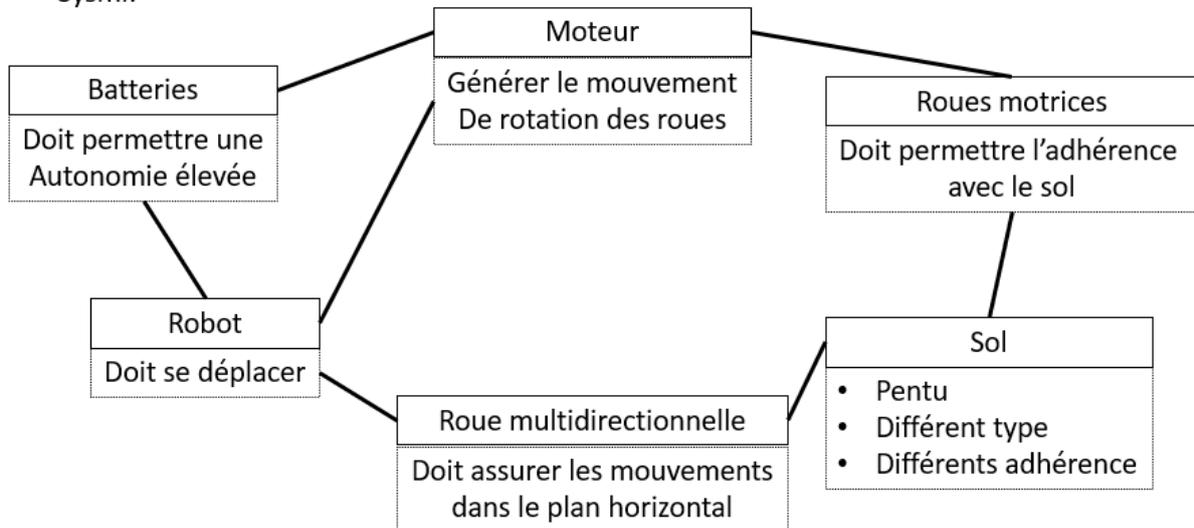


Figure 12: Diagramme Sysml de la solution du déplacement

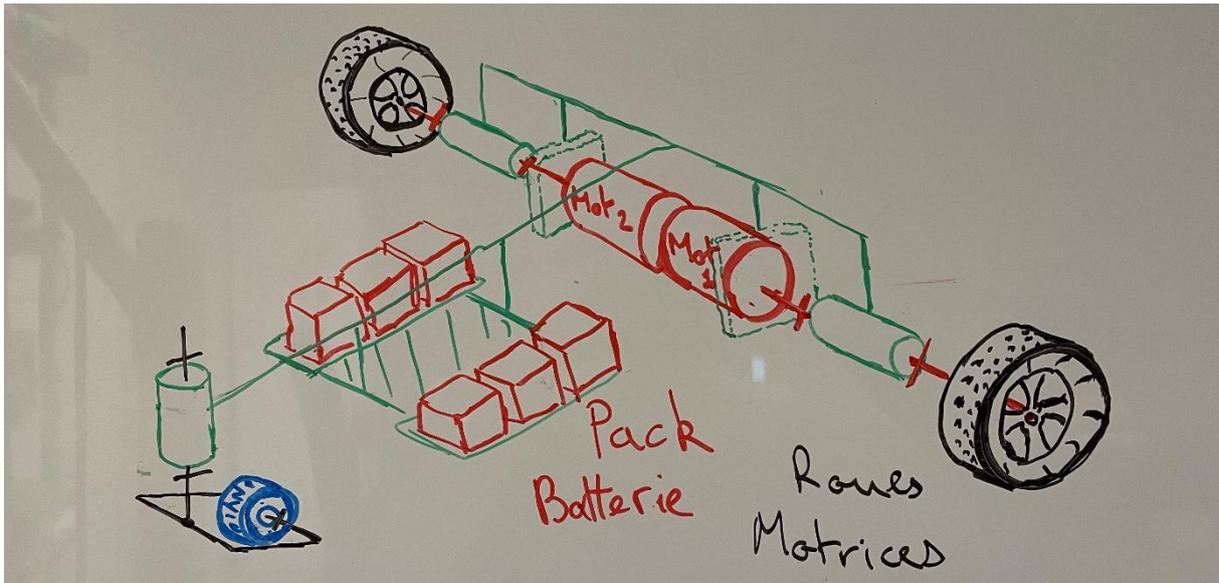


Figure 13: Solution pour le déplacement final après la méthode TRIZ et la maison de la qualité

Cette solution est finalement la plus simple parmi celles que l'on avait prévues et proposées dans la maison de qualité. En conclusion, la simplicité est la preuve d'une amélioration de la fiabilité et permet d'atteindre un maximum de performances.

Vis-à-vis du cahier des charges, la solution répond à certaines exigences mais pas à l'ensemble. Pour la contrainte d'autonomie, voulu notamment par le client, cette exigence permet d'y répondre au mieux. Cependant, la solution choisie consistant à intégrer des roues ne respecte pas complètement la contrainte du déplacement sur tout type de sol ainsi que le franchissement d'obstacles, des exigences davantage garanties par la solution avec des chenilles. On est donc en présence d'un conflit physique qui peut être résolu notamment en reconsidérant les exigences du client ou les importances voulues par celui-ci. Par exemple, le client peut préférer un robot avec une plus grande autonomie plutôt qu'un robot adapté à tout type de sol.

b) Vidéoprojecteur

Au premier regard des résultats de la maison de la qualité, la solution 4 composée d'un vidéoprojecteur haut de gamme avec autofocus intégré, correction trapézoïdale automatique, de haute définition et de forte luminosité, d'un système d'alimentation permettant un fonctionnement sur batterie rechargeable et sur secteur, et d'un système sonore semble la plus pertinente. Néanmoins, cette solution ne répond pas à toutes les exigences, dont le coût qui est hors de notre budget. De plus, le TRIZ nous a permis de mettre en évidence la problématique de l'autonomie, qui n'est pas l'avantage de la solution 4 étant équipée d'un vidéoprojecteur puissant. La méthode TRIZ nous permet de conclure qu'il nous faut une batterie avec une densité énergétique élevée, pouvant être divisée en cellules réparties dans l'ensemble du robot pour garder une bonne répartition des masses. Ces cellules doivent avoir un rapport qualité prix optimal et une chimie permettant un échauffement contrôlé. Le TRIZ a aussi mis en évidence que l'utilisation du robot dans une pièce peu lumineuse permettrait de réduire la consommation du vidéoprojecteur et la luminosité requise pour le vidéoprojecteur.

On choisit donc une nouvelle solution, prenant en compte les solutions issues du TRIZ et la solution 3 de la maison de la qualité.

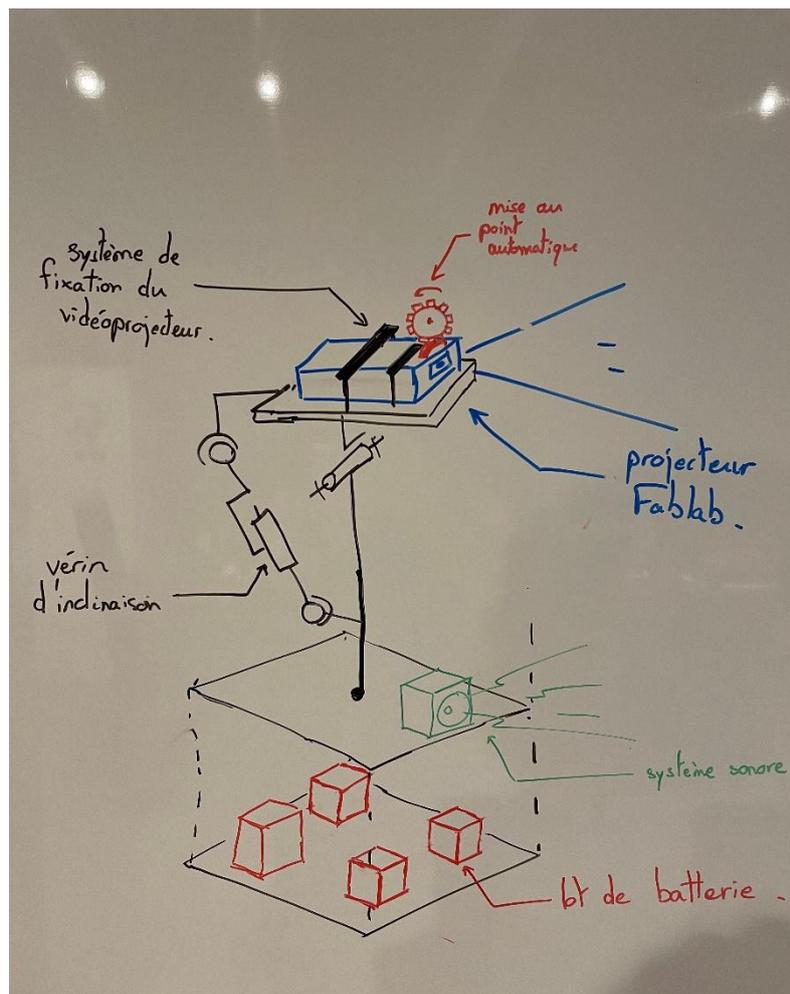
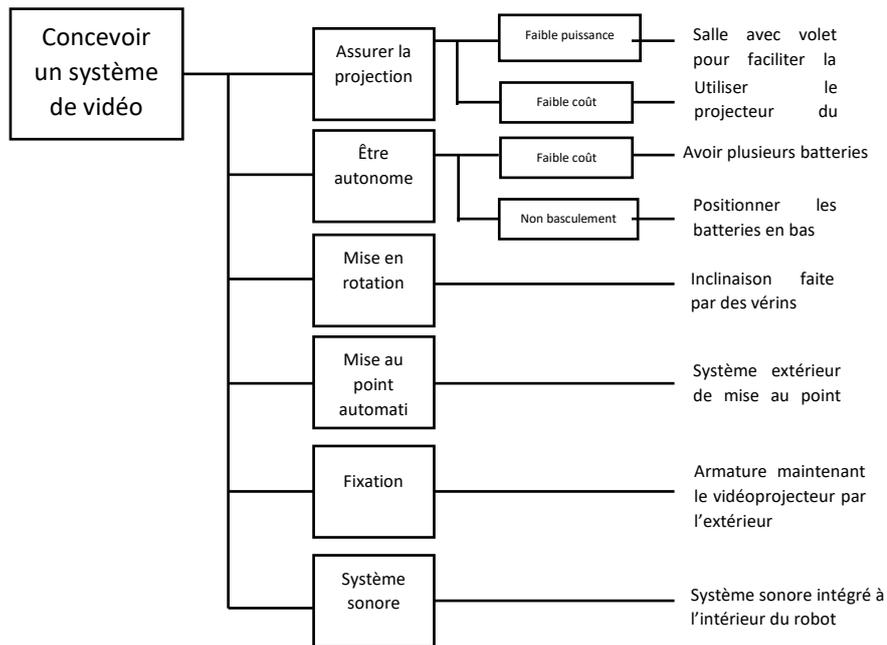


Figure 14: Solution pour le vidéoprojecteur final après la méthode TRIZ et la maison de la qualité

Bibliographie

Istock. [En ligne] <https://www.istockphoto.com/fr/illustrations/moteur>.

lausane, Ecole polytechnique de. 2020. 50 — Gyroscope roue de vélo suspendu à un fil. *EPFL*. [En ligne] 31 08 2020. <https://auditoires-physique.epfl.ch/experiment/50/gyroscope-roue-de-velo-suspendu-a-un-fil>.

L'expo permanente. [En ligne] <https://www.usinenouvelle.com/expo/roue-en-caoutchouc-force-150-kg-p117002960.html> .

Youcar. GOODYEAR SPHERICAL TIRES FOR FUTURISTIC CAR PROTOTYPE. *Youtube*. [En ligne] <https://www.youtube.com/watch?v=kIS9WYG1o5w>.