

**Réalisation d'un support motorisé
pour effectuer des décharges
électrostatiques**

**Rapport de Projet Fin
d'Etudes**



Réalisé par :

**JEBBARI ZINEB
BEKRAOUI OUMAIMA**

Encadré par :

ROLLAND NATHALIE

Valeo

**Route d'Hilbert, 62630
Etaples Sur Mer**

03.21.09.82.00

2014 - 2015



Table des matières

Table des matières	1
Remerciement	2
Introduction:.....	3
I- Contexte:	4
II- Présentation de Valeo:	6
III- Cahier des Charges	7
1. Objectif du projet:.....	7
2. Contrainte du support:	7
3. Diagrammes illustratifs:	7
4. Outils utilisés :.....	9
IV- Diagramme de GANTT	10
V- Travail Effectué.....	11
1. Choix de la forme du support :	11
2. Choix des matériaux	11
3. Dimensionnement du moteur :	12
4. Contact du constructeur :	15
5. Conception assistée par ordinateur (CAO):	16
5.1 Premier essaie de dessin 3D :	17
5.2 Version finale du dessin 3D.....	18
6. Simulation de la robustesse.....	21
7. Programmation du moteur.....	22
8. Réalisation physique	29
9. Réalisation du manche :	30
10. Réalisation de la base :	31
Conclusion	32
Annexes	33

Remerciement

Nous tenons en premier lieu à présenter nos remerciements à Monsieur Sebastien WEISS, notre responsable projet à VALEO, pour sa disponibilité et l'aide qu'il nous a apporté tout au long de ce projet.

Par ailleurs, nous remercions vivement Madame Nathalie ROLLAND, qui nous a piloté et informé avec beaucoup de charisme et de patience et de nous avoir soutenu et aider à finaliser notre projet.

Un remerciement particulier pour Monsieur Rodolphe ASTORI, professeur de mécanique et responsable du Fabricarium. Ses conseils nous ont été d'une grande aide et nous ont facilités la réalisation du projet, notamment pour l'impression 3D.

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui ont collaboré de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Introduction:

Tous les appareils électriques ou installations électriques s'influencent mutuellement s'ils sont connectés l'un proche de l'autre. De plus, ces systèmes électriques et/ou électroniques ne sont pas isolés de leur environnement. De l'énergie électromagnétique peut donc franchir non intentionnellement leurs frontières soit pour y pénétrer, soit pour s'en échapper. Cette énergie parasite est appelée perturbation électromagnétique. Nous pouvons observer une interférence entre notre téléviseur, notre GSM, notre radio et le lave-linge ou les lignes électriques.¹

Autrefois, ces problèmes de compatibilités électromagnétiques n'étaient pas considérés comme une discipline majeure malgré le fait que les scientifiques avaient bien conscience de son existence. Mais aujourd'hui les enjeux de la CEM sont plus importants dans le développement électrique et électronique. Les normes exigent aux industriels de respecter certaines conditions pour assurer le fonctionnement et la mise en marche des équipements dans des différentes conditions. Le monde automobile n'y échappe pas non plus. En effet, avec le développement de l'électronique embarquée mais aussi l'environnement radio fréquence qui devient de plus en plus pollué, il est devenu difficile de faire cohabiter tous les équipements du véhicule ensemble. En outre, il est devenu primordiale de répondre au mieux aux attentes des clients en ce qui concerne leur confort et leur sécurité.

L'entreprise VALEO, l'un des leaders mondiaux de l'équipement automobile, a bien pris conscience du phénomène physique et le traite dans l'un de ses nombreux laboratoires, à Etaples dans le nord de la France. Ce laboratoire développe aujourd'hui de nouveaux moyens d'essais afin de tester le comportement des alternateurs qu'il fabrique dans des conditions de CEM imposées par la loi soit en émission ou en immunité.

Nous allons dans ce qui suit, présenter le contexte du projet, l'entreprise VALEO, le cahier des charges, ensuite nous allons détailler le travail effectué durant ces 6 mois puis finalement conclure.

¹ <http://eduscol.education.fr/>

I- Contexte:

La compatibilité électromagnétique est l'aptitude d'un appareil ou d'un système électrique, ou électronique, à fonctionner dans son environnement électromagnétique de façon satisfaisante, sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques intolérables pour tout ce qui se trouve dans cet environnement.²

La compatibilité devant être assurée dans les deux sens, émission et réception, on est conduit à définir deux types de phénomènes :

- Les émissions désignent les signaux dont la propagation est de nature à nuire au bon fonctionnement des objets ou à la santé des êtres vivants situés au voisinage,
- La susceptibilité ou l'immunité désigne un comportement d'un appareil, en réponse à une contrainte externe, jugé incompatible avec une utilisation normale.

Il existe deux types de perturbations :

- Perturbations permanentes à cause d'un émetteur radio, d'un champ magnétique généré par une ligne d'alimentation ou des harmoniques dues à la déformation d'un signal.
- Perturbations transitoires : ces perturbations peuvent être dues aux d'ondes de foudre ou aux commutations électriques dans le réseau d'énergie, aux décharges électrostatiques (les courants fugaces non-désirés pouvant endommager l'équipement électronique ou électrique).

Dans notre projet, nous nous intéressons aux perturbations transitoires plus précisément celles dues aux décharges électrostatiques sur un alternateur VALEO pour voir si ce dernier répond à la norme ISO 10650.

Afin de tester l'immunité de leurs alternateurs, VALEO effectue des tests manuels, de manutention, de stockage et de maintenance en utilisant un générateur de tirs de décharges électrostatiques (Voir figure 1) sur différents points de l'alternateur. Le principe de base de cette opération est de charger une capacité avec une très haute tension et de la décharger via une résistance. Les décharges peuvent être appliquées au contact (dans le cas du test du régulateur de l'alternateur) ou dans l'air.

² www.wikipedia.fr

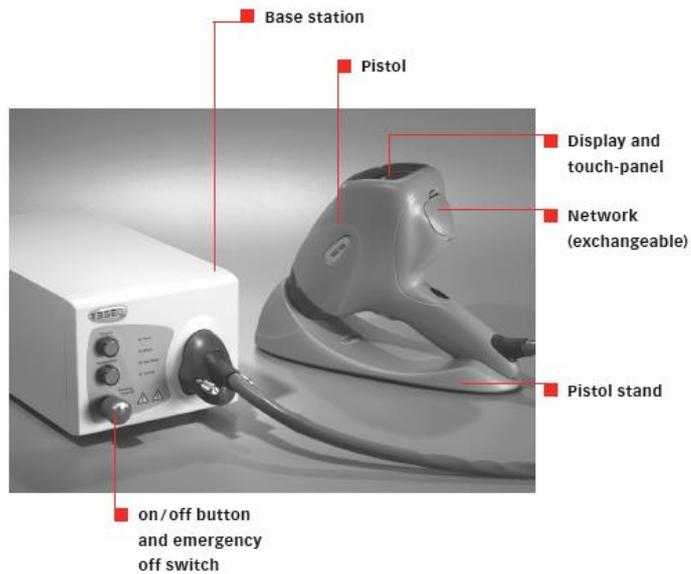


Figure 1 : Générateur de décharge électrostatique

Dans le premier cas, la sortie du générateur de décharges est directement mise en contact avec l'alternateur. Les décharges sont donc faciles à réaliser et répétibles, peu de paramètres vont influencer les résultats. A l'opposé, les décharges dans l'air sont plus difficiles à maîtriser car plusieurs facteurs vont fortement impacter l'essai. Parmi ces facteurs on retrouve la température, le taux d'humidité ou tout simplement la vitesse d'approche du générateur. En effet, le générateur, chargé, s'approche lentement de l'alternateur jusqu'à ce qu'il y ait la décharge. Cette opération est effectuée manuellement par un opérateur. Les résultats captés par la sonde sont alors différents selon la vitesse d'approche qui n'est pas constante. Les plaintes des clients s'accroissent.

⇒ Solution

Pour pallier ce problème, il est nécessaire d'automatiser le banc d'essai. Pour cela, nous allons réaliser un bras de robot qui approchera le générateur de décharge à la cible à une vitesse constante comprise entre 0.1 et 0.5 m.s^{-1} comme indiqué par la norme.

II- Présentation de Valeo:



Valeo est un groupe indépendant spécialisé dans la conception, la fabrication et la vente de composants, de systèmes intégrés et de modules pour l'industrie automobile. Créée en 1923 à Saint-Ouen, l'entreprise figure parmi les leaders mondiaux dans son domaine.

Partenaire de tous les constructeurs automobiles dans le monde, Valeo propose des systèmes et équipements innovants permettant la réduction des émissions de CO2 et le développement de la conduite intuitive.

Le Groupe a réalisé en 2013 un chiffre d'affaires de 12,1 milliards d'euros et a consacré plus de 10 % de son chiffre d'affaires première monte à la recherche et au développement. Valeo emploie 74 800 collaborateurs dans 29 pays dans 124 sites de production, 16 centre de Recherche, 35 centres de Développement et 12 plateformes de distribution.³

Le site d'Étapes, spécialisé dans la fabrication d'alternateurs : 1 100 personnes y travaillent ainsi que 300 intérimaires. Les alternateurs fabriqués sur le site de Valeo sont partout, dans les véhicules du monde entier. Selon les sources syndicales, il s'en est fabriqué 7 millions en 2013, à Étapes.

³ <http://www.valeo.com/>

III- Cahier des Charges

1. Objectif du projet:

Automatiser le banc d'essai. En d'autres termes, notre cible qui est l'alternateur, doit subir des essais dits d'immunité aux décharges électrostatiques produites directement par des opérateurs. Le laboratoire veut automatiser cette opération et nous demande de créer un support motorisé sur lequel sera placé un pistolet générateur de décharges. Ce support devra s'approcher de l'alternateur sous test avec une vitesse constante mais modifiable simplement (plage entre 0.1 et 0.5 m/s).

2. Contrainte du support:

- ✚ Facilement transportable.
- ✚ Robuste.
- ✚ L'utilisateur doit pouvoir modifier la vitesse du support.
- ✚ budget : entre 2000 et 5000 euros.
- ✚ Support fabriqué en matériau résistif aux champs électromagnétiques (Ex: Plastique).

3. Diagrammes illustratifs:

Le diagramme bête à cornes présenté sur la figure ci-dessous illustre l'objectif du projet :

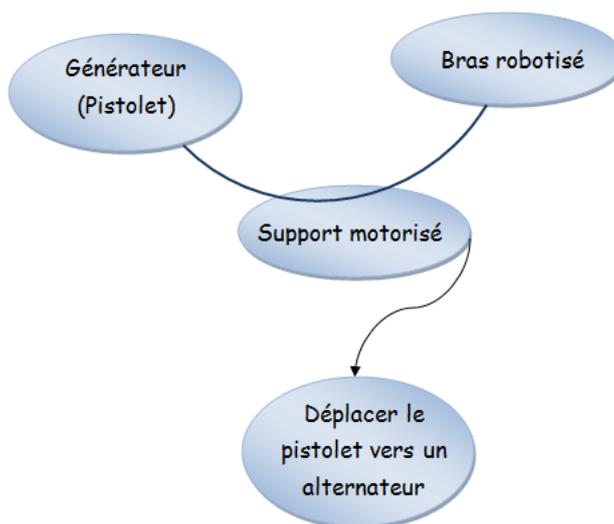
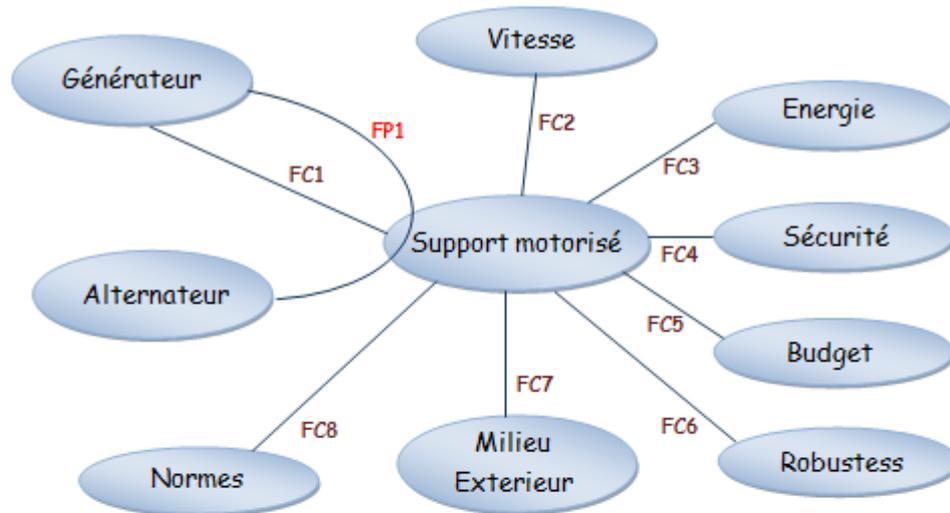


Figure 2 : Modèle Bête à Cornes du support motorisé

L'outil "diagramme pieuvre" est utilisé pour analyser les besoins et identifier les fonctions de service d'un produit. Il met en évidence les relations entre les différents éléments du milieu environnant et le produit⁴ qui est l'alternateur dans notre cas. Ces différentes relations sont appelées les fonctions de service qui conduisent à la satisfaction du besoin : effectuer des décharges électrostatiques sur l'alternateur à vitesse constante.

La figure 3 représente le diagramme de pieuvre correspondant à notre projet :



FP1 : Déplacer le générateur vers l'alternateur.

FC1 : Porter le générateur.

FC2 : Déplacer à vitesse fixe.

FC3 : Autonomie en énergie.

FC4 : Respecter la sécurité de l'utilisateur.

FC5 : Respecter le budget (entre 2000 et 5000 euros imposée par Valeo)

FC6 : Le support doit être robuste.

FC7 : Résister au milieu extérieur (Les champs magnétiques).

FC8 : Doit être conforme aux normes.

Figure 3 : Diagramme Pieuvre relatif au support motorisé

⁴ patrice.d.free.fr

4. Outils utilisés :

Pour atteindre notre but et réaliser un bras de robot avec le pistolet permettant d'effectuer les décharges électrostatiques, nous aurons besoin de certains outils, à savoir :

- ✓ *Autodesk Inventor* : Logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) pour avoir une idée précise du bras de robot avant la réalisation.
- ✓ *une imprimante 3D* : Cette solution atteint un niveau de précision élevé et nous permet de minimiser les coûts du projet. En effet, Polytech s'est récemment procurée un Fablab qui met en disposition une imprimante 3D pour les élèves.
- ✓ *Labview* : Logiciel de programmation. Cette solution nous permettra par la suite de programmer le moteur pour remplir le cahier des charges. Notre choix s'est porté sur ce logiciel car d'une part, Labview est l'outil le plus utilisé chez VALEO et d'autre part il est facile à utiliser.
- ✓ *La découpe lazer* : Cette machine nous a permis de découper la base du support motorisé et le socle sur lequel sera fixé le moteur.
- ✓ *L'Atelier mécanique* : Pour la création de certaines pièces et l'assemblage final du bras de robot, nous avons travaillé à l'atelier mécanique en salle D021. C'est dans cet endroit où nous nous sommes procurés le matériel nécessaire à la réalisation du projet (vis, écrous, serre joint...)

IV- Diagramme de GANTT

Le diagramme de GANTT est un outil permettant de modéliser la planification de tâches nécessaires à la réalisation d'un projet ce qui aboutit à une bonne gestion de temps.⁵

En ce qui concerne notre projet, nous avons suivi le plan suivant :

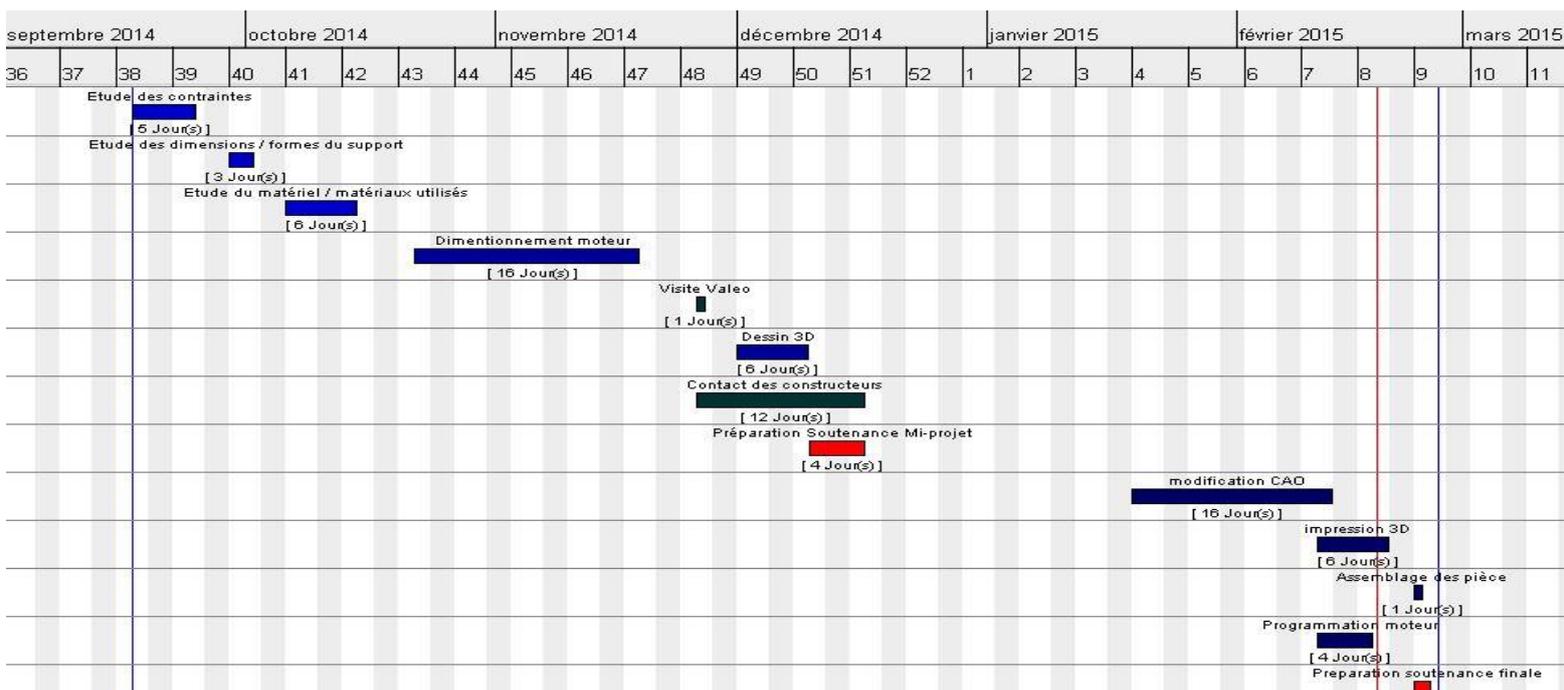


Figure 4 : Diagramme de GANTT

Notre travail a été divisé en 10 importantes étapes :

- ✚ Etude du sujet et des contraintes CEM.
- ✚ Réalisation du cahier des charges → Choix de la forme du support et des dimensions.
- ✚ Etude du matériel et des matériaux utilisés.
- ✚ Dimensionnement du moteur.
- ✚ Visite de l'entreprise Valeo.
- ✚ Contact des constructeurs : Parker // Dynamixel.
- ✚ Dessin 3D sur Autodesk.
- ✚ Modification du dessin 3D après validation avec un responsable mécanique.
- ✚ Impressions des pièces en 3D
- ✚ Programmation du moteur sous Labview
- ✚ Assemblage des pièces pour la construction du bras de robot.

⁵ www.gantt.com/fr

V- Travail Effectué

Nous pouvons diviser le travail que nous avons effectué en 6 parties :

1. Choix de la forme du support :

Afin de choisir la forme du support la plus adaptée au test, nous avons demandé au responsable des tests à VALEO de nous envoyer les photos du bon de test du laboratoire de Valeo (figures 5.a et 5.b).



Figure 5.a: test sur alternateur alimenté

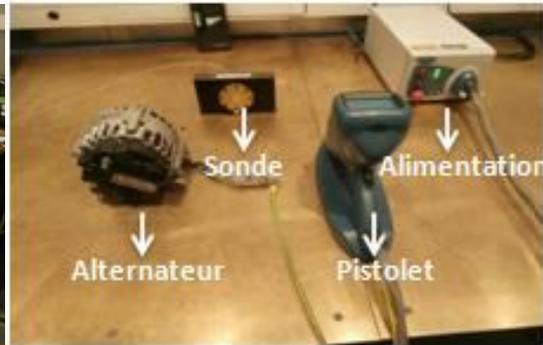


Figure 5.b: test sur alternateur non alimenté

L'alternateur, alimenté ou pas, est fixé sur le banc de test, c'est à notre support motorisé de se déplacer à la vitesse souhaitée vers cet alternateur pour effectuer les décharges électrostatiques. Nous avons donc directement pensé à un bras de robot avec un seul degré de liberté car l'objectif à atteindre est de se rapprocher de l'alternateur à une vitesse constante pas besoin de précision et d'un mouvement pivot au niveau de la pince Dans ce bras de robot sera fixé le pistolet de décharges représenté les figures ci-dessus.

Cette solution était la mieux adaptée pour cette application, elle respecte les critères demandés par VALEO techniquement et financièrement.

2. Choix des matériaux

Le choix des matériaux que nous allons utiliser pour la réalisation du support reste important car nous avons des contraintes importantes à respecter :

➤ Le blindage des câbles

Les câbles utilisés doivent supporter le champ magnétique créé donc nous avons opté pour des câbles blindés.

➤ Choix du matériel utilisé pour la réalisation du robot

Nous allons utiliser une imprimante 3D pour fabriquer notre support. L'imprimante est choisie essentiellement pour sa précision. En effet, nous entrons les dimensions souhaitées et le plastique choisi pour avoir en sortie un support précis qui correspond au cahier des charges.

➤ Choix du type de plastique

La contrainte de type CEM nous a aussi obligées à choisir le plastique comme matériau du support car les matériaux en plastiques ne sont pas perturbateurs pour la CEM. Le plastique choisi est de type ABS (Acrylonitrile butadiène styrène) qui est la matière noble du thermoformage plastique, utilisée pour de nombreuses applications industrielles, notamment dans les imprimantes 3D. L'ABS se soude, se colle et se décore. Il est considéré comme un thermoplastique, en le chauffant il devient mou, en refroidissant il redevient très rigide.⁶ C'est pour cette raison que nous avons choisi ce type de plastique. Sa rigidité pourra supporter le poids de notre générateur de décharges électrostatiques. Ce type de plastique est très souvent utilisé dans les appareils électro-ménagers (les cafetières par exemple). C'est également le même genre de plastique que les Légo.⁷

3. Dimensionnement du moteur :

Parmi tous les moteurs proposés dans le marché pour des applications robotiques, nous avons opté pour un servomoteur à courant continu. Ce type de moteur est programmable, nous n'aurons donc pas besoin d'un microcontrôleur en plus. Un moteur à courant continu (MCC) nous permettra d'alimenter le moteur avec une batterie pour donner la possibilité à VALEO de transporter le support si elle le souhaite.

Le dimensionnement du moteur est fait de la manière suivante :

➤ Calcul du couple :

Le couple fourni par le moteur doit être supérieur au couple résistant. En effet, le poids et les frottements doivent être pris en compte.

Pour calculer le couple moteur nécessaire pour un fonctionnement adéquat au cahier des charges, il faut connaître 3 variables essentielles :

- ✚ M : La masse totale du robot.
- ✚ R : La longueur du bras de robot.
- ✚ V : La vitesse à laquelle se déplace le robot.

⁶<http://arnaud.meunier.chez-alice.fr/>

⁷<http://www.monunivers3d.com/>

Afin de prendre une certaine marge, nous calculons le couple statique maximal. Pour ce faire, nous nous mettons dans la situation la plus délicate, nous prenons une vitesse maximale de 0,5 m/s, un rayon de 50cm et une masse totale de 3 Kg.

Nous avons : $C = Force * Vitesse$

Donc :

$$C_{st} = M * g * V$$

$$C_{st} = 3 * 9,81 * 0,5$$

$$C_{st} = 14,71 Nm$$

De plus, nous avons la relation suivante

$$C_{mot} = J \frac{d\Omega}{dt} + C_{res} \quad (1) \quad (\text{Avec } C_{res} \approx C_{st})$$

Avec $J \frac{d\Omega}{dt} = M * R^2 * \frac{dV}{R*dt} = MRa$ / a : L'accélération du système

Donc $J \frac{d\Omega}{dt} = 3 * 0,5 * 2,5 = 3.75 N.m$

D'après la relation (1) on obtient un couple moteur maximal de 3.75 N.m

Afin de présenter l'avancement de notre projet à Valeo, nous avons organisé une visite dans leurs enceintes, à Etaples sur Mer. Cette visite nous a permis de prendre les dimensions exactes des éléments constituant le banc de test et aussi de valider le dimensionnement de notre moteur avec le responsable. Lors de cette visite, nous avons proposé différentes solutions pour le moteur à travers le tableau suivant :

Masse (kg)	Rayon (cm)	Couple stat (N.m)	$J \cdot \frac{d\Omega}{dt}$ (N.m)	Couple mot. (N.m)	Couple proposé par les constructeurs (N.m)
3	50	14,71	3,75	18,46	21
3	40	11,77	3	14,77	15
3	35	10,30	2,31	12,61	13
2,5	50	12,26	3,12	15,38	18
2,5	40	9,81	2,5	12,31	13
2,5	35	8,58	2,96	11,21	11,8

Figure 6 : Tableau des différents couples moteur selon la masse du robot et la longueur du bras

➤ Validation du couple avec Valeo :

- Le pistolet modélisé dans la figure 1, qui effectuera les décharges électrostatiques et qui sera fixé sur notre bras de robot possède une masse de 1.2kg. Les responsables du projet à Valeo nous ont demandé de prendre une marge de 20% concernant la masse du pistolet. Ce qui nous amène à une masse de 1.5kg du générateur. Par ailleurs, nous estimons que le reste du support ne dépassera pas 1kg car la matière choisie pour le concevoir est assez légère (le plastique). Ce qui nous donne un total de masse de 2.5kg.

- Comme mentionné plus haut, l'alternateur est fixé sur le bon de test. La distance maximale entre l'alternateur et le mur calculée pendant la visite est de 50cm. Afin de laisser une marge d'espace et pour garantir la protection du moteur des champs magnétiques créés par le générateur lors des décharges, nous avons choisi et validé avec les responsables, une longueur de bras de robot de 35cm.

⇒ Résultats

D'après le tableau de la figure 6, avec une masse de 2.5kg et un rayon de 35cm, nous obtenons un couple moteur de 11.21 N.m.

Avec une marge de 40%, il est convenable de chercher un moteur dont le couple est supérieur à 15.7 N.m

➤ Calcul de la puissance :

Nous avons la relation suivante :

$$P = C * \Omega * 2\pi$$

Donc :

$$P = 15.7 * \frac{0,5}{0,35} * 2\pi$$

$$P = 140,8 W$$

➤ Calcul de la vitesse maximale de rotation en tr/min

Aujourd'hui, la norme impose une vitesse de déplacement du générateur comprise entre 0.1 et 0.5 m/s. Pour avoir cette vitesse en tr/min nous devons effectuer les calculs suivants :

Nous avons :

✚ V : vitesse en m/s

✚ Ω : vitesse angulaire en radian/sec

✚ R : rayon en m

✚ N : Nombre de tours par min

De plus, nous avons :

$$\Omega = \pi * \frac{N}{30}$$

Donc :

$$\frac{V}{R} = \pi * \frac{N}{30}$$

D'où

$$N = \frac{30 * V}{\pi * R}$$

Donc : $N \in [2.72 \text{tr/min} ; 13.65 \text{tr/min}]$

⇒ Résultat :

Selon ce dimensionnement nous devons choisir un moteur qui fournit un couple supérieur à 11,21 N.m, une puissance minimale de 140.8 W et une vitesse comprise entre 2,72 et 13,65 tr/min.

4. Contact du constructeur :

Parmi les moteurs proposés sur le marché, nous avons repéré un moteur chez Dynamixel qui répond parfaitement à nos critères.

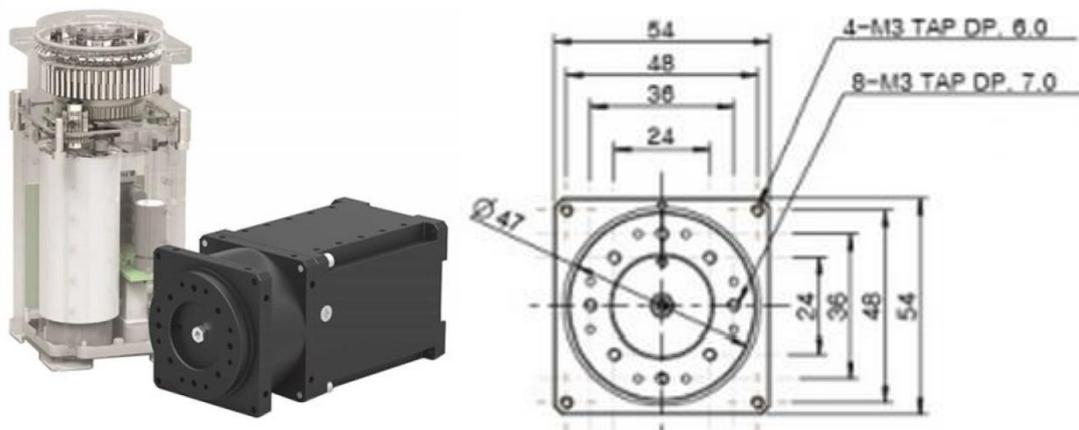


Figure 7 : Servomoteur Dynamixel pro H54-100-S500-R

Les servomoteurs Dynamixel sont des actionneurs numériques qui intègrent moteur, réduction et contrôle. Il est possible de les commander en mode 'rotation continue' ou bien en position. De plus, Les vitesses, couples et courbes d'accélération / décélération peuvent être réglées de manière fine. Ces moteurs fonctionnent sur un bus série RS-485 via lequel il suffit d'envoyer des paquets d'instructions visant à lire / écrire dans des registres. Pas besoin donc de variateur de vitesse en plus pour contrôler la vitesse.

Pour réaliser une commande rapidement chez VALEO, il faut commander chez les fournisseurs se trouvant dans leur panel. Malheureusement, Génération Robot qui procure les servomoteurs Dynamixel, n'en fait pas partie. La procédure d'ajout d'un fournisseur au panel est longue et peut prendre dans certains cas plus de deux mois. Valeo passe la plus part de ses commandes de moteur chez le constructeur Parker. C'est pour cette raison que les responsables du projet nous ont conseillé de nous retourner vers eux pour avoir un premier devis.

⇒ Problèmes rencontrés

Le constructeur et distributeur Parker ne répondait malheureusement pas à notre demande. Ces derniers ne prenaient pas notre projet au sérieux. Nous n'avons pas pu avoir un devis, même après plusieurs semaines d'attente.

⇒ Solution

Nous nous sommes finalement retournés vers Génération Robot, le spécialiste européen de la robotique de service, se localisant à Bordeaux. En dépit du fait que ce distributeur ne se trouve pas dans le panel de Valeo, nous l'avons tout de même choisi pour la réactivité et le sérieux de leurs commerciaux. Pour pallier le problème de l'ajout au panel, Valeo est passée par une société tierce, Devos, qui elle se trouve dans leur panel.

Cependant, malgré les efforts fournis pour recevoir le moteur dans les plus brefs délais, la livraison à Valeo ne pourra pas se faire avant début mars.

Un premier devis a été envoyé début décembre (Annexe 3) et la commande effectuée début janvier.

5. Conception assistée par ordinateur (CAO):

La conception assistée par ordinateur comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir, de tester virtuellement et de réaliser des produits manufacturés et les outils pour les fabriquer.

La CAO n'a pas pour fonction première l'édition du dessin. Il s'agit d'un outil informatique souvent lié à un métier, fonctionnant en langage dit objet, et permettant l'organisation virtuelle de fonctions techniques. Cela permet ensuite la simulation de

comportement de l'objet conçu, l'édition éventuelle d'un plan ou d'un schéma étant automatique et accessoire.⁸

Concernant le logiciel de conception, nous avons opté pour Autodesk Inventor. Le site offre une License complète de 3 années pour les étudiants. En plus de sa gratuité, une quantité de vidéos contenant des tutoriels du logiciel sont disponible sur le site. Ce logiciel de CAO 3D offre un jeu d'outils convivial pour la conception mécanique, la documentation et la simulation de produits en 3D. Par ailleurs, la solution Digital Prototyping, combinée à Autodesk Inventor, aide à concevoir et à valider les produits avant leur construction afin d'offrir un résultat de meilleure qualité, de réduire les coûts de développement et d'accélérer la commercialisation.⁹

5.1 Premier essai de dessin 3D :

Pour la construction de notre robot sur Autodesk, nous avons pensé dans un premier temps à la solution suivante :

Un bras de robot se composant de 4 différentes pièces.

- ✚ La base du support
- ✚ Les charnières du côté
- ✚ L'arbre du moteur
- ✚ Le bras du robot

L'assemblage de ces pièces sur Autodesk Inventor nous donne la conception suivante :

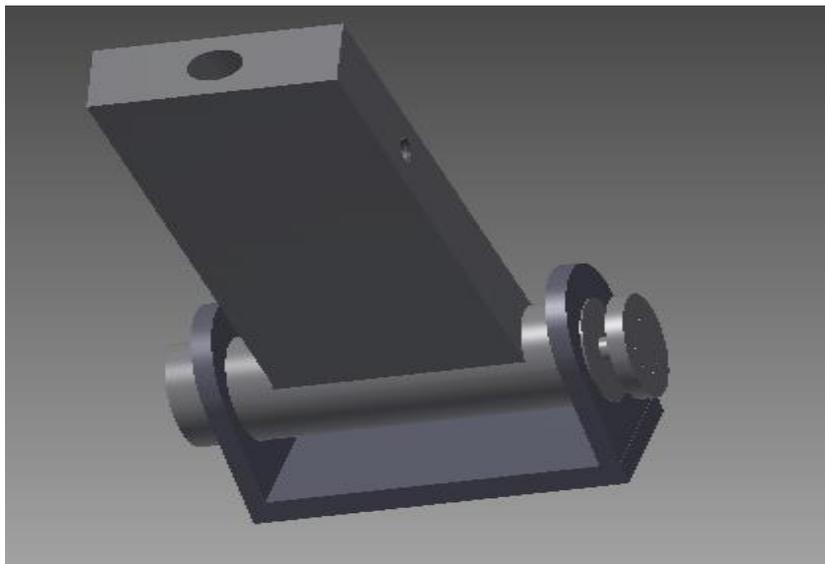


Figure 8 : Première Solution 3D du support motorisé

⁸ www.wikipedia.fr

⁹ www.autodesk.fr

Nous comptons insérer le pistolet de décharges à l'intérieur du bras, d'où le perçage sur la surface haute du bras. Nous fixerons ensuite le générateur grâce à l'effet étaux. En d'autres termes, nous allons insérer deux tiges filetées qui vont enserrer le manche à l'intérieur de l'emplacement prévu à cet effet.

Pour effectuer les décharges électrostatiques sur l'alternateur, un interrupteur aurait été placé au niveau du bouton de décharges se trouvant sur le pistolet.

Au fur et à mesure de la continuité du projet, la conception 3D a été modifiée selon les contraintes que nous avons. Notamment la forme du moteur que nous avons commandé, l'imprimante 3D utilisée, les outils à notre disposition...

5.2 Version finale du dessin 3D

Au fur et à mesure de l'avancement du projet, nous avons fait face à plusieurs contraintes qui nous ont forcées à modifier notre support.

- L'imprimante 3D :

Le plateau de l'imprimante 3D que s'est procuré le Fabricarium de Polytech Lille a des dimensions de 140*140 mm. Ces dimensions ne correspondent pas à celles de notre bras de robot dont la longueur est de 350 mm. Nous étions donc obligés de diviser la conception de ce bras en deux parties : un manche de longueur 350 mm (non réalisé avec l'imprimante 3D) qui sera relié à l'arbre du moteur et sur lequel nous allons fixer une pièce qui servira de support pour le pistolet. Cette pièce sera imprimée en 3D.

- Les matières :

Selon notre première solution de dessin 3D, le moteur aurait été vissé à la partie droite de l'arbre (Voir figure 8). Cependant, en suivant cette solution, l'ensemble (moteur, support) aurait subi des problèmes d'équilibres et n'aurait pas tenu même en mode statique. Par conséquent, nous avons pensé à fixer le moteur à une base assez large (200*200 mm) en bois lourd que nous pouvons fixer à la table où se trouve l'alternateur grâce à un serre joint. Cette solution permettra de stabiliser l'ensemble et lui évitera de tomber quand le bras effectuera sa rotation.

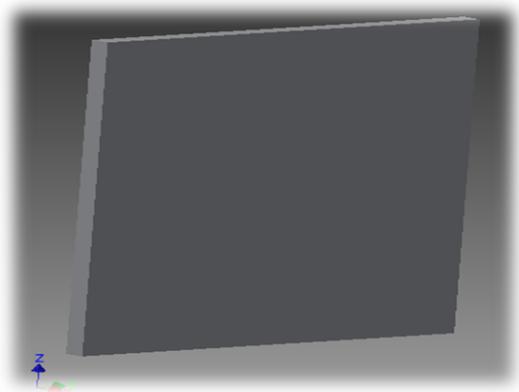
- La rotation du bras

Pour effectuer la rotation de l'arbre, modélisé en gris clair sur la figure 8, dans le support, modélisé en gris foncé, il faudra insérer un roulement à bille ou un palier lisse qui

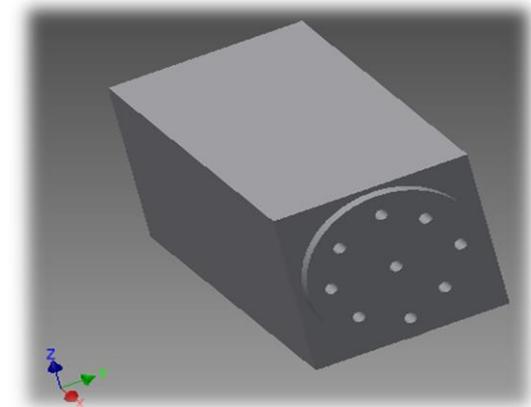
faudra entretenir par la suite. Nous avons donc pensé que cette solution ne serait guère pratique pour le laboratoire Valeo.

Pour la construction de la nouvelle version du robot sur Autodesk, nous avons pensé la solution suivante :

Un bras de robot se composant de 5 différentes pièces :

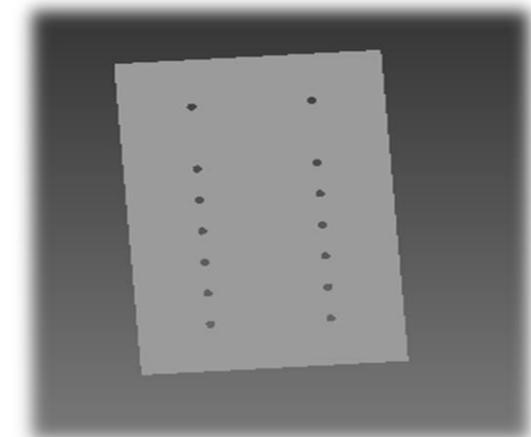


✚ La base du support : Une base en bois blanc, assez lourd, de dimensions 200*200 mm qui sera posée sur la table où se trouve la cible de décharge (l'alternateur) et qui sera fixée grâce à un serre joint.

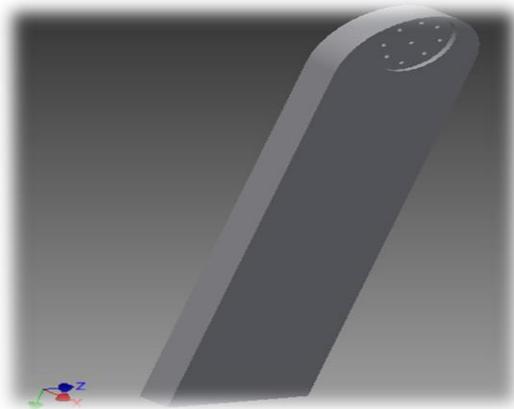


✚ Le moteur : Servomoteur Dynamixel pro H54-100-S500-R.

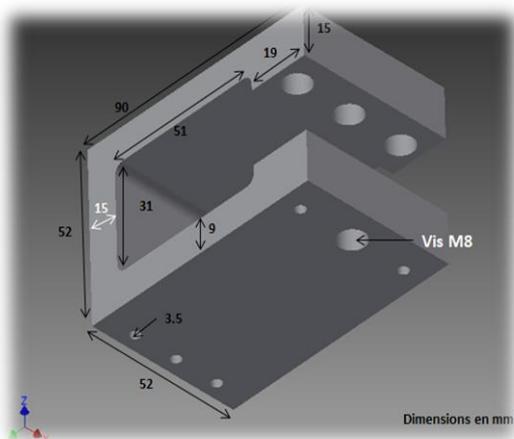
Dimensions : 108*54*54 mm.



✚ Mini base : Cette pièce a pour but de soulever le moteur de la base principale pour permettre au manche d'effectuer sa rotation sans la toucher. Elle sera donc collée au centre de la base et sera vissée au moteur.



✚ Le manche : Ayant le rôle d'un bras, le manche a une longueur de 350 mm et une largeur de 90 mm. Sur ce manche sera vissé le moteur (d'où extrusion et le perçage faits à cet effet) et le support du pistolet.



✚ Le support du pistolet : Sur cette pièce sera inséré le pistolet de décharges électrostatiques et fera coincé grâce à un vis M8 (L'effet étaux). Cette pièce sera imprimée grâce à l'imprimante 3D.

Matière : Plastique ABS.

Dimensions : 90*52*52 mm.



✚ Le générateur de décharges électrostatiques : Le pistolet dont le manche a des dimensions de 50*135*30 mm sera inséré dans le support et fixé grâce à un effet étaux.

L'assemblage de ces différentes pièces dans le logiciel Autodesk donne le bras de robot suivant :

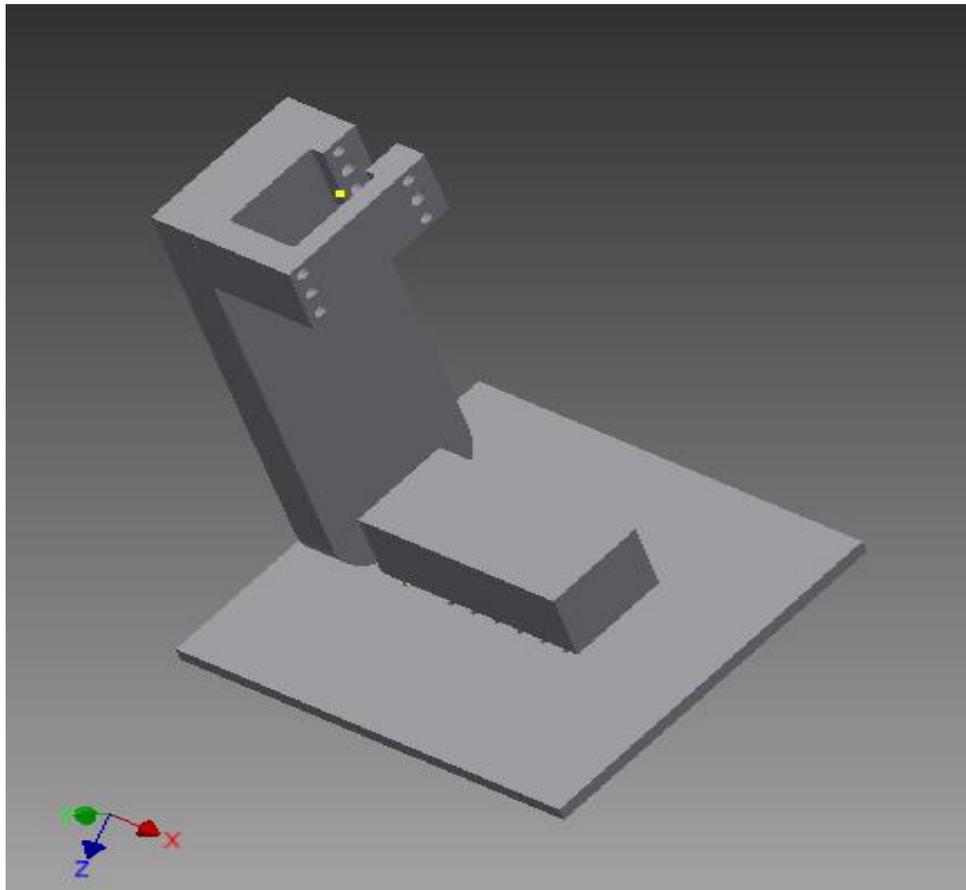


Figure 9 : Dernière Solution 3D du support motorisé

6. Simulation de la robustesse

Afin de s'assurer de la résistance de notre bras de robot notamment s'il supporte le contre poids appliqué par le pistolet quand le support sera en position horizontale, nous avons effectué le calcul suivant :

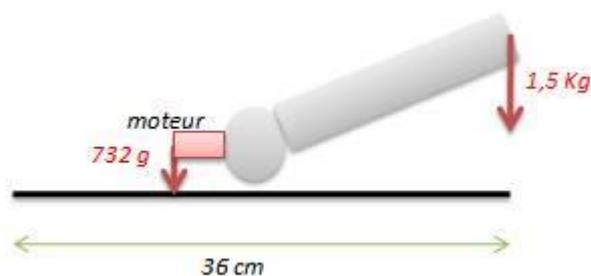


Figure 10 : Dessin 2D représentatif du support motorisé

Nous remarquons sur la figure ci-dessus, que lorsque le bras est en position de décharges, nous avons un poids de 1,5 Kg appliqué par le pistolet. De l'autre côté de la base, nous avons le poids du moteur : 732 grammes. Nous remarquons déséquilibre.

Afin d'équilibrer le support il faudra un couple égale des deux côtés.

Nous avons :

$$\omega = \frac{V}{R} = \frac{0.5}{0.36} = 1.4 \text{ rad/s}$$

Et :

$$\ddot{\theta} = \frac{\dot{\theta}}{t} = \frac{1.38}{0.02} = 70 \text{ rad/s}$$

De plus :

$$C = J * \ddot{\theta}$$

Avec :

$$J = M * R^2 = 1.5 * 0.36^2 = 0.2 \text{ kg.m}^2$$

Donc :

$$C = 14 \text{ N.m}$$

Pour éviter la chute du bras de robot à cette position, il faut avoir un couple égale à 14 Nm du côté du moteur.

⇒ Solution

Nous avons pensé dans un premier temps à alourdir la base en choisissant le bois comme matière et dans un deuxième temps, mettre des sert joints ou visser la base du support afin de le fixer sur la table.

7. Programmation du moteur

La partie la plus importante est celle de la programmation du moteur. Nous avons introduit une phase de calibrage du banc de mesure, cette phase permet à l'utilisateur de choisir le point d'arrêt du générateur et donc le point de test. A la fin du calibrage, le bras est fixé à la position souhaitée pour pouvoir effectuer les décharges selon la vitesse de déplacement entrée par l'opérateur.

Le programme sous Labview devra permettre au support de s'approcher de l'objet sous test avec une vitesse constante. Cette vitesse pourra être modifiable simplement. Aujourd'hui la

norme définit une vitesse comprise entre 0,1 m/s et 0,5 m/s. Les décharges sont appliquées par série (entre 3 et 10 tirs) et les décharges doivent être espacées d'au moins une seconde.

⇒ Logiciel de programmation Labview :

Labview (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) est un outil d'acquisition, d'analyse et de présentation de données. C'est un environnement de développement basé sur le langage de programmation graphique. LabVIEW est entièrement intégré pour assurer une communication avec les interfaces matérielles GPIB, VXI, PXI, RS-232, RS-485 ainsi que les cartes d'acquisition de données.¹⁰

Le choix s'est porté sur ce logiciel car il permet de prototyper, concevoir, tester et mettre en œuvre les systèmes d'instrumentation et de réduire le temps de développement grâce à ses bibliothèques étendues et spécialisées dans la collecte, l'analyse, la présentation et le stockage de données. Tous les programmes de LabVIEW, communément appelés instruments virtuels (VIs), se composent d'une face-avant et d'un diagramme.

❖ *La face-avant :*

La face-avant est l'interface utilisateur graphique du VI (virtuel instrument) LabVIEW. Cette interface réceptionne les données entrées par l'utilisateur et affiche celles fournies en sortie par le programme. Cette face-avant peut contenir des boutons rotatifs, des boutons poussoirs, des graphes, et d'autres sortes de commandes ou d'indicateurs.

❖ *Diagramme :*

Le diagramme contient le code source graphique du VI. Il permet la programmation du VI pour contrôler et remplir des fonctions sur les entrées et sorties créées dans la face-avant. Le diagramme peut contenir des fonctions et des structures issues des bibliothèques de VIs intégrées à LabVIEW. Il peut aussi contenir des terminaux associés à des commandes et à des indicateurs créés sur la face-avant.¹¹

¹⁰ www.electroniciens.aquitaine-limousin.cnrs.fr

¹¹ infoscience.epfl.ch

⇒ L'algorithme de programmation du moteur :

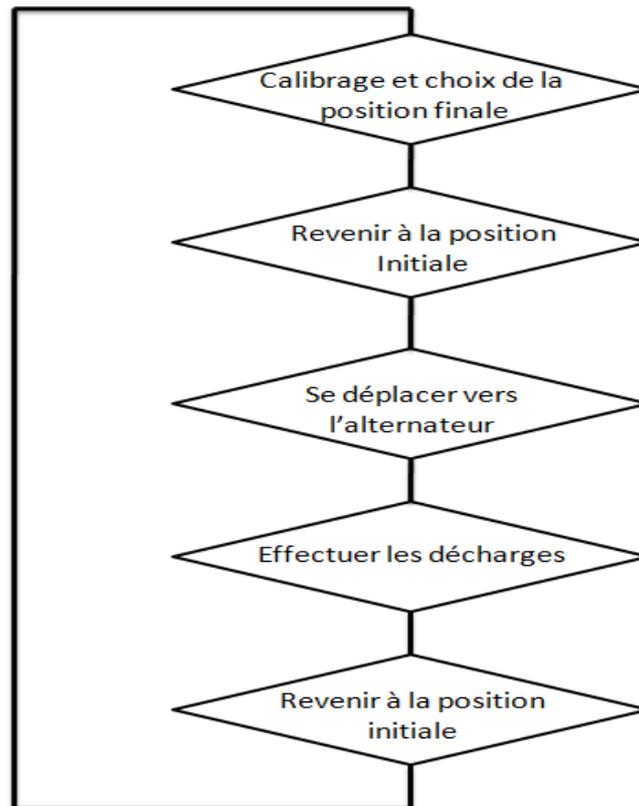


Figure 9 : Algorithme de programmation du moteur Dynamixel pour la réalisation du bras motorisé

⇒ Explication de l'algorithme

La première phase de calibrage du banc de mesure permet à l'utilisateur de choisir le point d'arrêt du générateur et donc le point de test. A la fin du calibrage, le bras revient à sa position initiale et attend que l'opérateur entre une vitesse. Une fois donnée, le bras se déplace avec cette vitesse, jusqu'à la position choisie lors de la phase de calibrage, effectue les décharges et revient à sa position initiale.

⇒ Programme et interface :

La face avant ou l'interface permettant de piloter le moteur est représentée dans la figure 10.

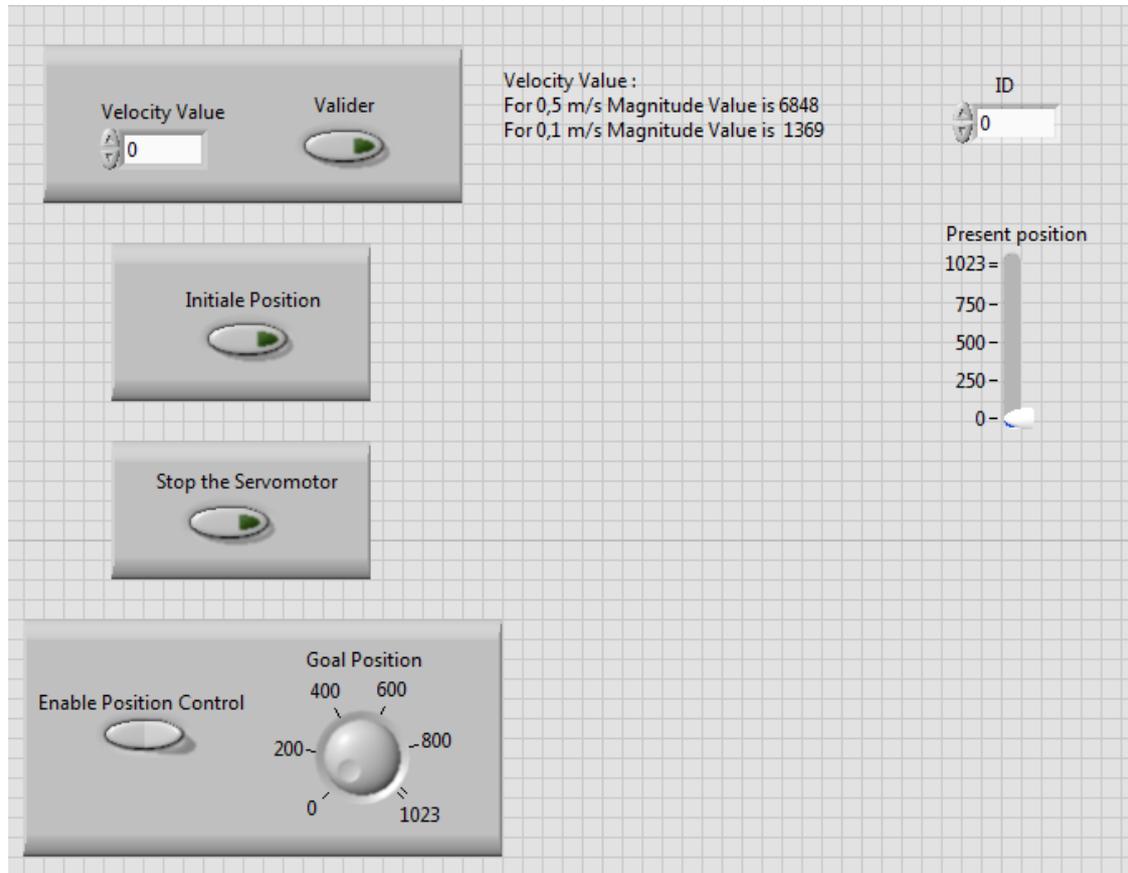


Figure 10 : La face avant du module sur Labview

Les servomoteurs Dynamixel sont des actionneurs numériques qui intègrent le moteur. Ils fonctionnent sur un bus série RS-485 via lequel nous devons envoyer des paquets d'instructions visant à lire / écrire dans des registres (annexe 1 et 2).

Ces servomoteurs se connectent à un PC via un convertisseur série USB. Pour pouvoir les programmer avec LabView comme demandé par VALEO, nous devons utiliser la SDK (Software Development Kit) du fabricant et qui prend en charge plusieurs logiciels de programmation capables d'écrire et de lire sur un port série.

Avant de commencer la programmation, nous avons dû télécharger la DLL (Dynamic Link library) de SDK fournie par le fabricant qui contient des modules permettant de lire, d'écrire, d'initialiser ... le moteur. (Voir Figure 11)

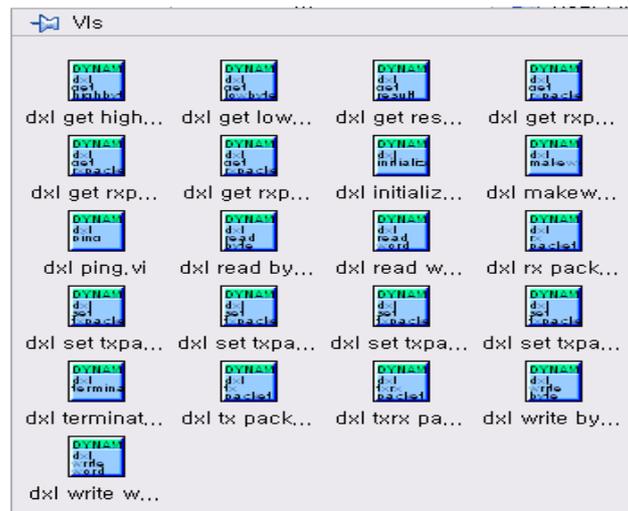


Figure11 : Les Vis fournis par la DLL du constructeur

Nous pouvons commander le servomoteur en mode rotation continue ou bien en position. Selon le mode choisi, la vitesse, la position, le couple ou l'accélération peuvent être changés.

La première phase de notre algorithme est la phase de calibrage, Le mode choisi est donc le mode de control en vitesse. La valeur de cette dernière peut être entrée dans «Velocity Value». Un appuie sur le bouton « Valider » entrainera la rotation du bras jusqu'à la position souhaité. L'opérateur doit donc arrêter le moteur et terminer la phase du calibrage.

La valeur de cette position est affichée grâce à l'indicateur « Present Position ».

Le diagramme correspondant à ce programme est le suivant :

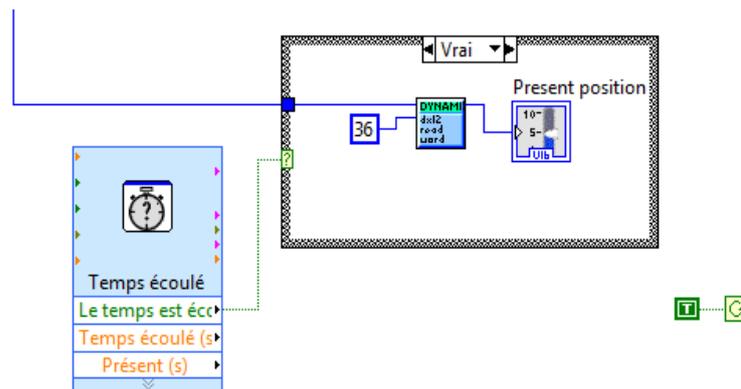


Figure 12 : Diagramme permettant l'affichage de la position actuelle

Pour connaître la position actuelle, il faut lire dans le registre avec l'adresse 36 du servomoteur. Cette opération est répétée chaque 1s. La lecture se fait à l'aide du VI dans le DLL de dynamixel « Read Word ».

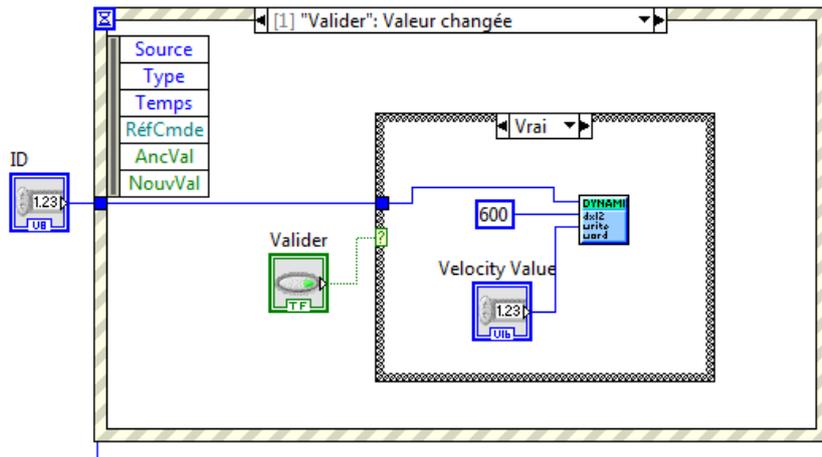


Figure 13 : Diagramme permettant de changer la valeur de la vitesse

Afin de varier la valeur de la vitesse, il faut écrire la valeur souhaitée dans « Velocity Value » dans l'adresse 600 à l'aide du module « Write Word »

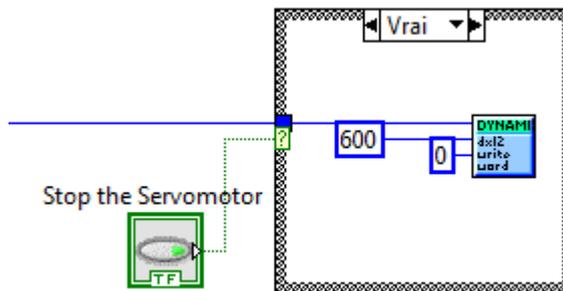


Figure 14 : Diagramme permettant d'arrêter le moteur

De la même manière, pour stopper la vitesse, il faut mettre à 0 la valeur de la vitesse dans l'adresse 600.

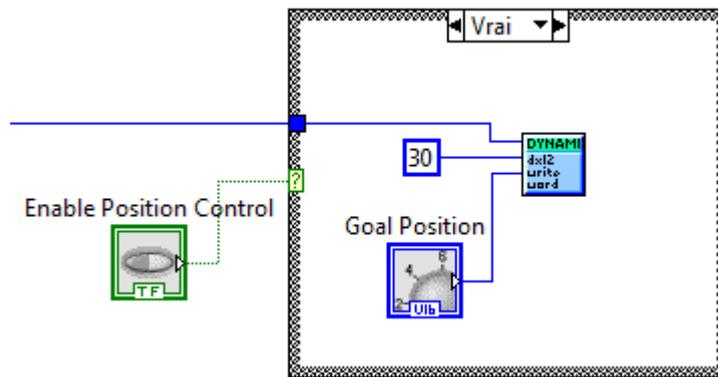


Figure 15 : Diagramme permettant d'écrire la position finale

Le mode de commande en position permet de contrôler la vitesse, la position et le couple. Pour aller à la position récupérer lors de la phase de calibrage, l'utilisateur doit entrer cette donnée dans « Goal position » et appuyer sur le bouton « Enable Position Control ».

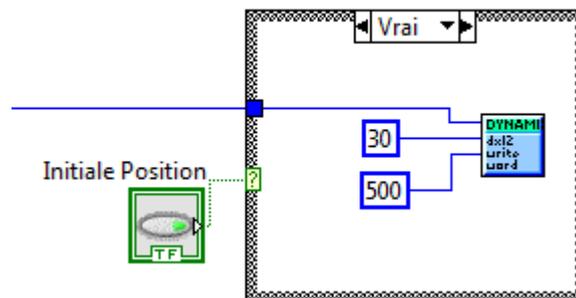


Figure 16 : Diagramme permettant de mettre le bras à la position initiale

La position initiale de notre bras est 90° , cette valeur au langage moteur donne 500. Il faut donc écrire 500 dans la position finale.

8. Réalisation physique

- Impression 3D du support:



La taille de l'imprimante 3D a impliqué le changement du dessin 3D et la méthode de la réalisation de notre support. Afin de s'assurer de ses dimensions et sa fonctionnalité, cette pièce a été imprimée une première fois et envoyée à VALEO. La pièce finale a ensuite été imprimée avec de légères modifications concernant le sens de l'impression qui impacte le remplissage des trous et leur positionnements.

Figure 16 : Impression 3D du support du pistolet

La version finale du support du pistolet est représentée dans la figure suivante :



Figure 17 : La version finale de la pièce

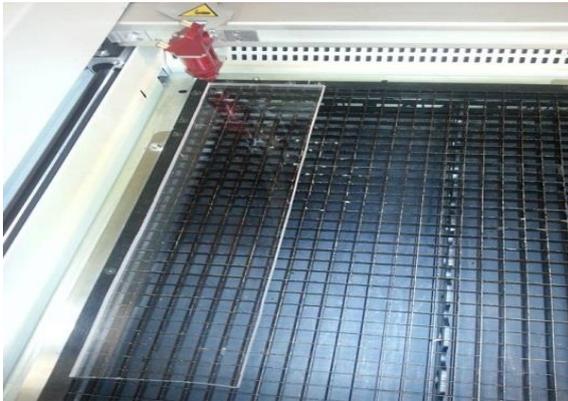
9. Réalisation du manche :

La pièce la plus complexe à réaliser a été le manche qui servira comme bras au quel le support du pistolet sera fixé.

Dans un premier temps, ce manche devait être imprimé en 3D, cependant, sa grande taille (350*90 mm) dépasse la surface maximale à imprimer (140*140 mm).

Nous avons donc opté ensuite pour une solution qui nous éviterait de rétrécir la taille de ce manche, usiner cette pièce avec du Plexi glace

La réalisation de la pièce a été divisée en deux parties :



✚ Découper la matière première à l'aide de la découpe laser dont Polytech dispose au Fabricarium pour avoir la forme désirée. Percer ensuite les pas de vis qui permettront de fixer le support du pistolet.

Figure 19 : le découpage du Plexi glace à la découpe laser

✚ Faire une extrusion de matière sur le manche pour insérer l'arbre du moteur : chose que ne peut pas faire la découpe Laser qui perce à travers toute la matière. Pour pallier ce problème, nous avons utilisé une machine à l'atelier mécanique.

Avant de réaliser la pièce finale nous avons fait des tests sur du carton pour s'assurer du positionnement des pas de vis et le comparer avec le même positionnement dans le support du pistolet (figure 20).



Figure 20 : Essai de découpage du manche sur du carton.

10. Réalisation de la base :



La base de notre support est réalisée en bois pour des raisons de poids et de résistance. En effet, nous avons opté pour cette matière car elle permet au support d'être plus stable. Cette base sera fixée à la table de test (sur laquelle le support et l'alternateur seront déposés) grâce à des serre-joints. Après une première simulation avec Autodesk, nous avons remarqué que le manche, quand il est en rotation, risque de toucher la base après un certain angle. Pour résoudre ce problème et être sûr du fonctionnement du support, nous avons ajouté une mini base, composée de deux planches en bois coupées et percées pour fixer le moteur dessus.

Figure 21 : La base du support bras de robot

Conclusion

Dans le cadre de notre projet fin d'études IMA5, nous sommes menées à réaliser un support automatisé qui permettra à VALEO, un équipementier automobile, d'effectuer des tests d'immunités CEM de leurs alternateurs.

Pour permettre à VALEO d'effectuer des mesures reproductibles tout en respectant les normes CEM imposées, nous avons étudié l'évolution du banc de mesure existant. Nous avons proposé l'utilisation d'un bras de robot automatisé répondant au cahier des charges donné par VALEO. Sur ce bras de robot est fixé un pistolet émettant les décharges qui se rapprochera de l'alternateur à vitesse constante et reviens à sa position initiale.

Durant ces 6 mois, nous avons étudié le projet en rédigeant le cahier des charges du support motorisé, en choisissant la forme du support, les matériaux et les pièces utilisés, en imprimant un pièce en 3D, et en programmant le moteur.

Finalement, ce projet nous a été bénéfique dans le sens où il nous avons dû appliquer nos connaissances théoriques en robotique, électronique et en électrotechnique. Il aura été l'occasion aussi de découvrir et d'utiliser des outils que nous ne connaissions pas forcément auparavant, comme l'imprimante 3D et la programmation dans le logiciel Labview, ce qui nous a permis de développer une certaine autonomie et de bien savoir gérer le temps.

Annexes

Annexe 1 :

ROBOTIS e-Manual v1,25,00

Control Table

Control Table consists of data regarding the current status and operation, which exists inside of Dynamixel.
The user can control Dynamixel by changing data of Control Table via Instruction Packet.

※ DYNAMIXEL Pro L42 has a different control table, so please visit the L42 Control table page.

EEPROM and RAM

Data in RAM area is reset to the initial value whenever the power is turned on while data in EEPROM area is kept once the value is set even if the power is turned off.
In EEPROM torque enable(562) can be written only if its value is 0.

Address

It represents the location of data. To read from or write data to Control Table the user should assign the correct address in the Instruction Packet.

Access

Dynamixel has two kinds of data: Read-only data, which is mainly used for sensing, and Read-and-Write data, which is used for driving.

Size

Dynamixel PRO control table is 1-4 bytes.

Annexe 2 :

AREA	Address	Size(byte)	Name	Description	Access	Initial Value
E E P R O M	0	2	Model Number	Model Number	R	-
	2	4	Model Information	Model Information	R	-
	6	1	Version of Firmware	Information on the version of firmware	R	-
	7	1	ID	ID of Dynamixel	RW	1
	8	1	Baud Rate	Baud Rate of Dynamixel	RW	1
	9	1	Return Delay Time	Return Delay Time	RW	250
	11	1	Operating mode	Operating mode	RW	3
	13	4	Homing offset	Homing offset	RW	0
	17	4	Moving threshold	Moving threshold	RW	50
	21	1	Temperature limit	Internal limit temperature	RW	80
	22	2	Max Voltage Limit	Operating upper limit voltage	RW	400
	24	2	Min Voltage Limit	Operating lower limit voltage	RW	150
	26	4	acceleration Limit	acceleration Limit	RW	-
	30	2	Torque limit	Torque limit	RW	-
	32	4	Velocity Limit	Velocity Limit	RW	-
	36	4	Max Position Limit	Position upper limit	RW	-
	40	4	Mn Position Limit	Position lower limit	RW	-
44	1	External Port Mode 1	External Port Mode 1	RW	0	
45	1	External Port Mode 2	External Port Mode 2	RW	0	

	46	1	External Port Mode 3	External Port Mode 3	RW	0
	47	1	External Port Mode 4	External Port Mode 4	RW	0
	48	1	Shutdown	Shutdown	RW	26
	49	2	Indirect Address 1	Indirect Address 1	RW	634
	51	2	Indirect Address 2	Indirect Address 2	RW	635
	53	2	Indirect Address 3	Indirect Address 3	RW	636
	...	...	...	Indirect Address N	RW	-
	569	2	Indirect Address 256	Indirect Address 256	RW	889
	562	1	Torque Enable	Torque Enable on/off	RW	0
	563	1	LED RED	RED LED intensity value	RW	0
	564	1	LED GREEN	GREEN LED intensity value	RW	0
	565	1	LED BLUE	BLUE LED intensity value	RW	0
	586	2	Velocity I Gain	Velocity I Gain	RW	-
	588	2	Velocity P Gain	Velocity P Gain	RW	-
	594	2	Position P Gain	Position P Gain	RW	-
	596	4	Goal position	Goal position	RW	-
R A M	600	4	Goal velocity	Goal velocity	RW	0
	604	2	Goal Torque	Goal Torque	RW	0
	606	4	Goal acceleration	Goal acceleration	RW	0
	610	1	Moving	Moving	R	-
	611	4	Present position	Present position	R	-
	615	4	Present velocity	Present velocity	R	-
	621	2	Present Current	Present Current	R	-
	623	2	Present input voltage	Present input voltage	R	-
	625	1	Present temperature	Present temperature	R	-
	626	2	External Port Data 1	External Port Data 1	R / RW	0
	628	2	External Port Data 2	External Port Data 2	R / RW	0
	630	2	External Port Data 3	External Port Data 3	R / RW	0
	632	2	External Port Data 4	External Port Data 4	R / RW	0
	634	1	Indirect Data 1	Indirect Data 1	RW	0
	635	1	Indirect Data 2	Indirect Data 2	RW	0
	636	1	Indirect Data 3	Indirect Data 3	RW	0
	...	...	Indirect Data N	Indirect Data N	RW	0
	889	1	Indirect Data 256	Indirect Data 256	RW	0
	890	1	Registered Instruction	Registered Instruction	R	0
	891	1	Status Return Level	Status Return Level	RW	2
892	2	Hardware error status	Hardware error status	R	0	



DEVIS

N° : DEV-000000-06b04

Date : 01/12/2014

C-000000-07444

Adresse de facturation
VALEO Systèmes Electriques

ROUTE D'HILBERT,
62630 ETAPLES
FRANCE

Adresse de livraison
VALEO Systèmes Electriques

ROUTE D'HILBERT,
62630 ETAPLES
FRANCE

Page 1 / 1

Référence	Désignation	Qté	Prix Unit. HT	Rem. (%)	Montant HT	TVA
A-000000-00781	Dynamixel Pro H54-100-S500-R	1	2 161.38		2 161.38	20
A-000000-00268	USB2Dynamixel dont taxe ECO DEEE : 0.01	1	41.73		41.73	20
A-000000-00638	10 câbles Dynamixel 4 pin de 200mm dont taxe ECO DEEE : 0.01	1	15.71		15.71	20
A-000000-00001	PSU 24V pour servomoteur Dynamixel Pro	1	120.00		120.00	20
A-000000-00773	TNT au bureau (24h)	1	25.00		25.00	20

Conformément à l'article L 441.6 du Code de Commerce, en cas de retard de paiement, des pénalités égales à trois le taux légal en vigueur pourront être appliquées.
L'indemnité forfaitaire pour frais de recouvrement fixée à 40€ sera appliquée de plein droit.

TVA	Base	Montant	Conditions de règlement		MONTANT TOTAL EN EUR	
20 %	2 363.81	472.76	Solde	30 jour(s) date de facture VIR	2 836.57	TOTAL HT
						2 363.81 EUR
						Montant TVA
						472.76 EUR
						TOTAL TTC
						2 836.57 EUR
			Coordonnées bancaires : IBAN: FR76 1005 7191 8100 0567 1990 155 BIC: CMCIFRPP			

Identification TVA : FR36504878315
 Siret : 50487831500028 | Capital social : 250 000€
 Contact@generationrobots.com
 www.generationrobots.com | www.humarobotics.com

SARL Génération Robots
 1, RUE THEODORE BLANC BATIMENT L
 33049 BORDEAUX CEDEX - FRANCE
 Tel : +33 (0)5 56 39 37 05 / Fax : +33 (0)5 56 50 78 09

