Oswald Florian
Bonhomme Félix
Debrus Alexandre

Élèves de 1ère S
Lycée Pierre de Fermat

Amortisseur automatique :

Comment régler la dureté d'un amortisseur en fonction du terrain et des chocs rencontrés par le véhicule ?

Intervenants :
- M. Edwin Hilkens, ingénieur chez "ST Microelectronics"

Professeurs :
- Mme Gasnet
- Mr Onno

Remerciements :

Nous remercions nos professeurs encadrants, Mme Gasnet et Mr Onno pour leur aide apportée tout au long de la période de TPE et Mme Gasnet pour son soutient à notre inscription au concours C.Génial. Ainsi que les membres du laboratoire de physique pour le temps qu'ils nous ont accordé et Mr. Boulouch qui nous a fourni l'amortisseur à l'origine de notre projet.

Nous tenions à remercier tout particulièrement M. Edwin Hilkens, ingénieur dans la société "ST Microelectronics" qui nous a beaucoup aidé pour la partie électronique, notamment sur le shield L293D pour ARDUINO.

Introduction :

Dans le cadre de notre projet nous nous sommes demandés comment nous pouvions agir sur un amortisseur hydraulique, en temps réel, pour modifier sa précontrainte en fonction du terrain et des chocs ressentis par le véhicule utilisant l'amortisseur en question. Par conséquent, il nous a fallu déterminer sur quel ensemble mécanique agir pour effectuer cette tâche. Nous sommes passés sur plusieurs systèmes et hypothèses pour répondre à cette problématique : nous avons, en premier lieu, imaginé et conçu des systèmes, avant d'agir sur un amortisseur hydraulique existant. Voici notre démarche :

Sommaire :

Première partie : Idées et expérimentations abandonnées

1) Electro-aimant
2) Vérin hydrauliqe
3) Crémaillère

Deuxième partie : La chaîne d'énergie

1) Premier sous assemlage
2) Second sous assemblage
3) Expérimentation visant à déterminer l'encadrement des masses à amortir

Troisième partie : La chaîne d'informations

1) ARDUINO
2) L293D
3) Les capteurs
4) Programme et montage

Idées et expérimentations abandonnées :

Notre toute première idée consistait à amortir les chocs directement dans la roue, cela c'est avéré vite très compliqué, nous nous sommes donc redirigés vers un amortisseur sur la fourche, plus classique et plus simple. Au début nous avions plusieurs idées pour réussir à créer un amortisseur réglable en fonction du terrain.

I – Electro-aimant :

Notre première idée consistait à faire un amortisseur fonctionnant grâce au magnétisme et à un piston, un aimant dans une bobine ferait effet du ressort présent sur les amortisseurs classiques. En marche normale l'aimant est attiré vers le bas, le choc fait remonter le piston. La dureté de l'amortisseur sera réglée grâce à l'aimant dans la bobine, plus il sera attiré vers le bas plus l'amortisseur sera dur, pour créer une attraction plus forte il suffit d'augmenter le courant de la bobine et si on éteint le courant, l'amortisseur sera dans la position la plus souple.

Expériences sur l'aimant et la bobine :

Principe : on prend un aimant qu'on met dans plusieurs bobines avec un nombre de spires différentes pour chacune afin de voir quelle bobine est la mieux adaptée.

Matériel :
– 3 bobines (1000 sp. + (1200 sp.x2) + 1200sp.)
– fils : 5
– alimentation : 3V/4,5V/6V/7,5V/9V/12 V
– interrupteur poussoir
– multimètre

Observations :
1000 sp. :
3 V, 4,5 V et 6 V : aucune réaction
7,5 V : l'aimant se redresse
9 V et 12 V : L'aimant se redresse plus rapidement

1200 sp. (bobine ajustée) :
3 V à 9 V : aucune réaction
12 V : l'aimant lévite

2x1200 sp. (bobine ajustée) :
3 V et 4,5 V : aucune réaction
6 V à 9 V : l'aimant bouge de plus en plus
12 V : l'aimant lévite

Interprétation :

L'aimant réagit à certaines tensions mais ces bobines ne sont pas adaptés, il faudrait plus de spires pour obtenir des résultats concluant. L'usage d'un aimant au néodyme n'est pas exclu.

2)Matériel:

– bobine 1200 spires
– aimant en néodyme percé
– tige ne réagissant pas avec l'aimant
– potence
– générateur variable 0-30V
– fils

Protocole:

On va tester si l'aimant et en lévitation on va donc mettre l'aimant dans la bobine avec la tige pour le guider on va faire varier l'intensité pour voir quand l'aimant sera en lévitation. L'intensité du courant étant proportionnel à la force du magnétisme on peut calculer la force exercé sur l'aimant pour n'importe quel puissance de courant connaissant le poids de celui ci. L'aimant lévite que quand la bobine comporte 1200 spires, quand le générateur est réglé à plus de 1,5V quand la tension est inférieure ou égale à 1,5V l'aimant tombe. L'intensité est alors de 0,10 A le poids de l'aimant étant de 0,1N on peut prédire que pour une intensité de 3A la force exercée est de 3N.

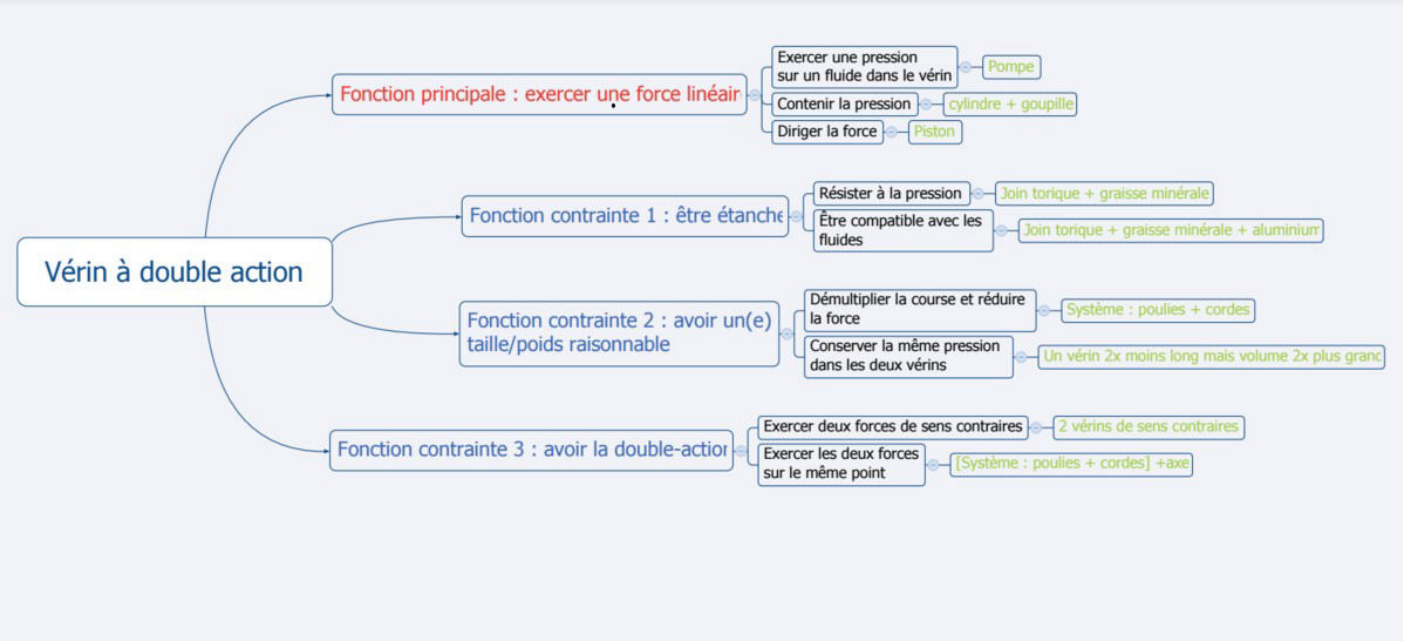
Pourquoi nous avons abandonné ce projet :

Nous avons abandonné ce projet car régler la bobine pour faire en sorte que l'aimant réagisse demande une tension importante ce qui présente beaucoup de risques et crée une surchauffe du système.

II – Vérin hydraulique :

Nous nous sommes ensuite dirigés vers un amortisseur fonctionnant grâce à un vérin hydraulique qui permet la double action (allé et retour) grâce à deux chambres reliées qui se remplissent et se vident au dépens de l'autre. L'eau passe par un goulot d'étranglement d'une chambre à l'autre grâce à l'action d'une pompe à eau, ce goulot sert à créer des frottements ce qui permet d'amortir les chocs. Lors du choc la chambre du bas se vide et celle du haut se remplie l'eau est freinée par le goulot d'étranglement, ensuite grâce à la pompe à eau la chambre du bas se remplie et celle du haut se vide, l'amortisseur est revenu en position initiale. UN système de poulies et de cordes permettait de démultiplier la force pour avoir un vérin de taille raisonnable et d'exercer les deux forces de sens contraire au même endroit.

Voici un diagramme FAST du système :

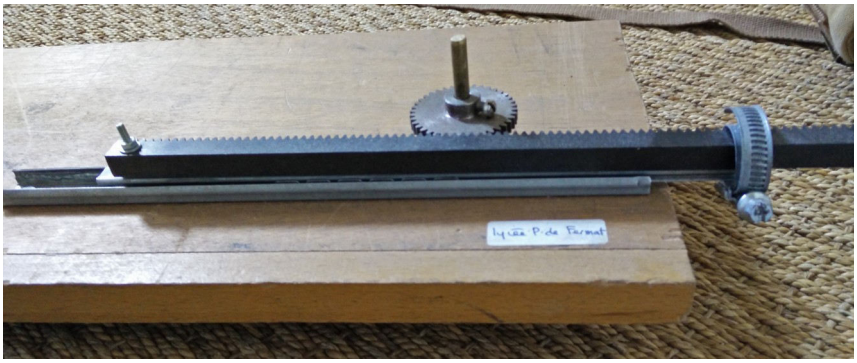


<u>Pourquoi nous avons abandonné ce projet :</u>

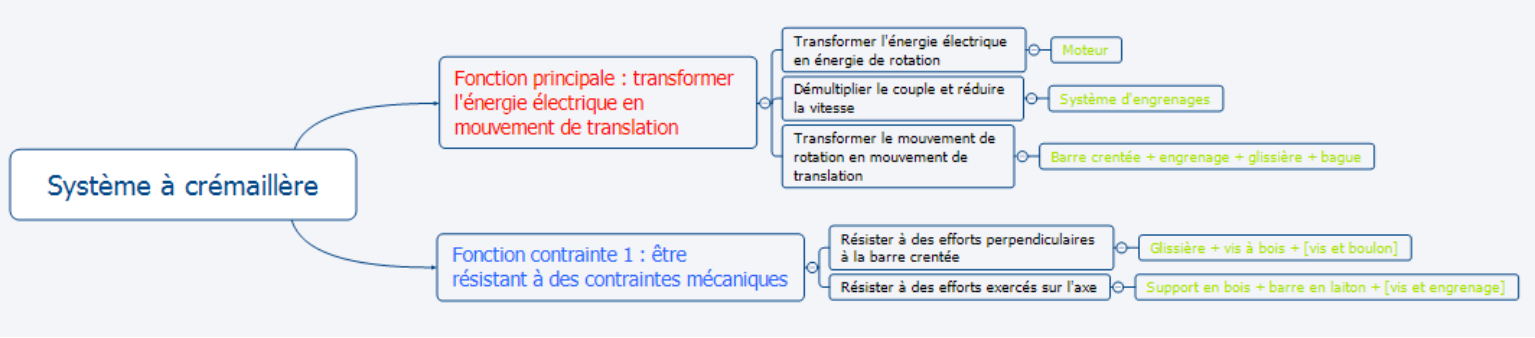
Même si nous avons réussi à éliminer les fuites en graissant et en ajoutant des joints toriques, cette étanchéité ne peux s'avérer fiable sur la durée donc ce système peut rapidement devenir défectueux soit les fuites sont trop importantes et il n'y a plus assez d'eau pour faire fonctionner l'amortisseur soit les fuites créer un court circuit au niveau des capteurs ou du câblage électronique.

III – Crémaillère :

Nous avons aussi eu l'idée de faire un amortisseur fonctionnant grâce à un vérin électrique car il nous aurait donné la force nécessaire et on aurait pu la modifier en temps réel. Cependant son utilisation soulève quelques problèmes, en effet le pas de vis doit être très important pour ne pas gêner le piston dans sa remontée, ce qui implique un couple moteur élevé pour avoir un effet ressort. Le vérin sera relativement peu compact les frottements induit par celui-ci devrait suffire pour que le système seul absorbe les chocs. Les frottements du vérin a crémaillère sont moins importants mais permettent une remontée plus libre du piston. Pour éviter un moteur trop volumineux l'ajout d un ressort sera peu être nécessaire .



Voici un diagramme FAST du système :



<u>Pourquoi nous avons abandonné ce projet :</u>

Bien que cette solution résout la plupart des problèmes , et soit le système qui offre la plus grande précision . le nombre de pièces étant plus important il y a un risque de causer une usure prématurée et des blocages du a des déformations.

Chaîne d'énergie :

I - Premier sous assemblage

Afin de répondre a la problématique est suite aux essais précédents, la solution la plus simple fut d'agir directement sur un amortisseur préexistant et réglable. En effet cet amortisseur pour modèle réduit possède un système vis écrous permettent de régler la compression du ressort

Il fallait donc trouver plusieurs solutions techniques pour pouvoir contrôler la rotation de l'écrou via un moteur électrique :

- premier problème : la liaison hélicoïdale entre l'écrou et la vis impose en plus du mouvement de rotation un mouvement de translation

Conséquences :

- soit le moteur doit suivre l'écrou en translation ;
- soit un lien souple assure la liaison moteur écrous.

Solutions techniques trouvées

Le seul lien souple présent sur l'amortisseur assurant la liaison entre l'écrou et un point immobile sur lequel raccorder le moteur est le ressort.

À présent il nous fallait déterminer le couple nécessaire pour mettre en rotation l'ensemble ressort, écrous afin de déterminer les caractéristiques du moteur.

On va mesurer le couple nécessaire pour mettre en rotation l'ensemble ressort-écrou-rondelle, pour ce faire nous utilisons une ficelle ainsi que plusieurs masses marquées et un étau.On mesure le couple lorsque la compression du ressort est maximale pour obtenir une marge. On maintient l'amortisseur à l'horizontale grâce à l'étau on attache une ficelle à la rondelle et on y suspend les masses, de plus en plus lourdes, jusqu'à que la rondelle tourne, voici nos résultats :

- 50 grammes : pas de mouvements ;
- 100 grammes : pas de mouvements ;
- 200 grammes : pas de mouvements ;
- 250 grammes : la rondelle tourne.

On calcule le poids en Newton : P = m.g
Application numérique :
P = 0,25 x 9,84
P = 2,46
Donc P est à peu près égal à 2,5 N.
On convertit en Newton mètre : C = N.m
Application numérique :
2,5 x 0,0085 = 0,02125

Le couple nécessaire pour faire tourner cet ensemble est à peu près égal à 0,022 N.m. On essaiera d'obtenir un couple légèrement supérieur pour avoir un peu de marge.

Liaison moteur ressort et démultiplication du couple :

Les contraintes de puissance et de taille imposé par les dimensions réduite du systeme empêche l'utilisation d'un moteur disposant d'un couple suffisent. Nous utilisons un moteur d'un couple 0,007N.m. Il faut donc multiplier se couple par plus de trois pour pouvoir actionner l'écrou.

Solutions techniques :

Pour cela un système pignon/roue semblait le plus simple avec un rapport de réduction de vitesse de 5 pour éviter tous blocage.

Enfin un support est nécessaire pour maintenir l'axe du moteur parallèle à l'axe de l'engrenage encastré autour du ressort.

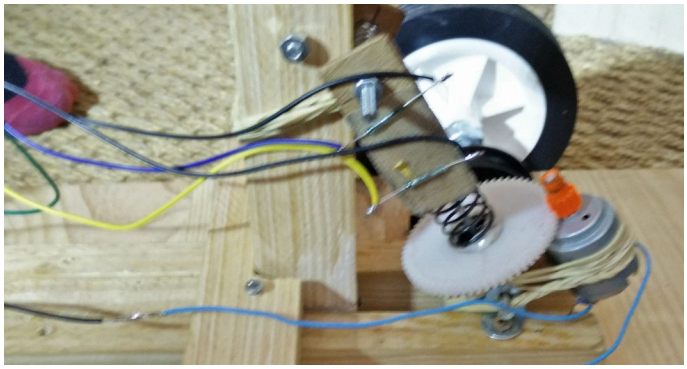
Solutions techniques :

Le support se compose de deux languettes en bois assurant l'écartement entre les deux axes ainsi que le parallélisme entre les engrenages. Un liens souple en l'occurrence un élastique exerce une force sur le moteur pour le maintenir en place entre les languettes.

Pour savoir quand stopper le moteur il est nécessaire d'envoyer une information indiquant la position de l'écrou pour déterminer si le ressort est en précontrainte ou détendu.

Solutions techniques :

On utilise deux capteur ILS pour déterminer la position du ressort. Une languette en bois placée le long de la partie filetée sert de support aux capteurs. Des aimant sont placé autour de l'écrou. Ainsi lorsque l'écrous et en position initial un des capteur ILS et continuellement activé. Lorsque l'écrous atteint le haut de la partie fileté le deuxième capteur s'active indiquant que le ressort n'est plus précontraint.

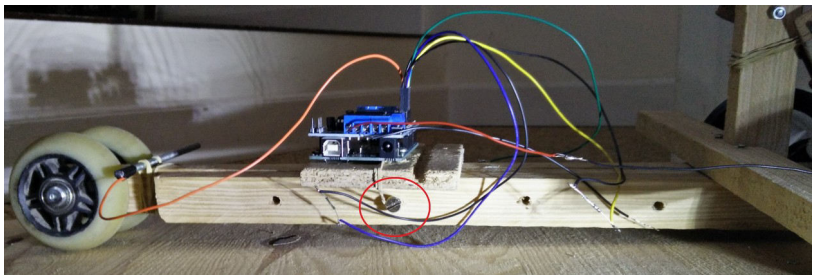


II - Second sous assemblage :

Pour tester l'amortisseur dans des conditions plus réaliste et ainsi répondre à la problématique il est primordial de monté le système sur un châssis.

Principale problème : nous disposons d'un seul amortisseur pour l'ensemble du véhicule.

Solution : il faut donc que l'amortisseur relie les deux extrémités du véhicule. Pour cela le chassie se compose de trois tasseaux, deux d'entre eux relie les roue arrière et le troisième et relié par un axe entre les deux premiers. Ainsi en liant chaque extrémité aux ensemble tasseaux/roue la totalité du véhicule est amortie.

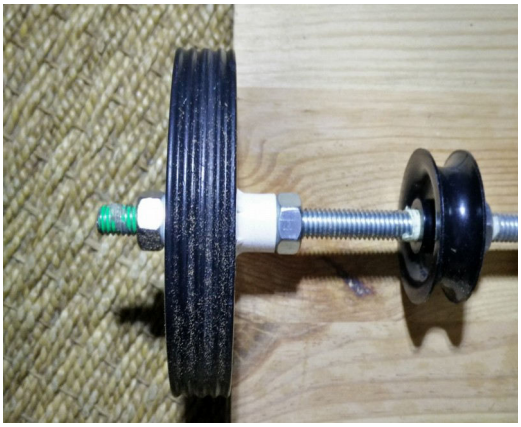


Rond rouge : point amorti.

Problème : comment créer une liaison pivot pour les roue et comment relier cette liaison avec le châssis.

Solution : le poids du véhicule étant réduit un contact plans a plans entre deux écrous et une tige fileté suffise pour un mouvement de rotation en x.

Une tige fileté relie les roue aux châssis et deux écrous empêche cette dernière de translater .

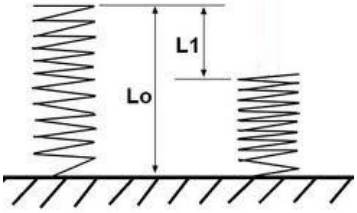


III - Expérimentation visant à déterminer un encadrement des masse à amortir :

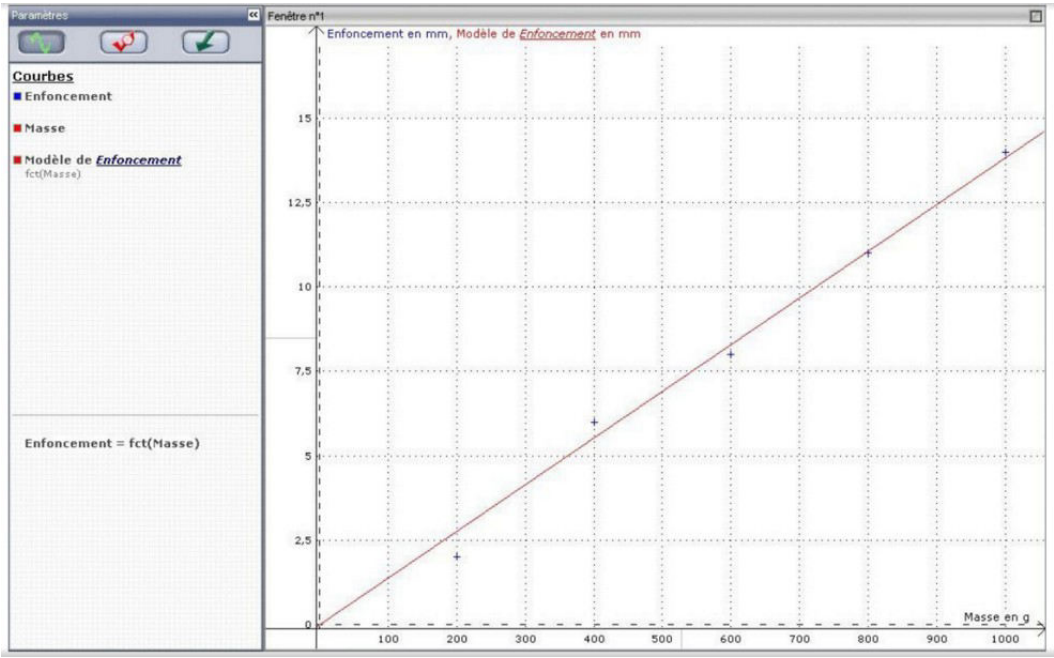
Calcul de la constante de raideur :

Nous avons décidé de calculer la constante de raideur k de notre ressort afin de calibrer la masse a ajouter au châssis . Pour ce faire, nous avons mesuré l'enfoncement de notre ressort (longueur ressort à vide – longueur ressort avec une masse) avec plusieurs masses différentes.

Enfoncement (m)	Masse (kg)
0,002	0,2
0,006	0,4
0,008	0,6
0,011	0,8
0,014	1



Or, la masse est à l'équilibre, donc :
$P + F_{ressort/système} = 0$
on transpose en valeur :
$P = F_{ressort/système}$
donc : $m*g = k*x$
donc : $x = (g/k)*m$
donc, le coefficient directeur de la droite est égal à g/k et x/m.
On calcule le coefficient directeur c à l'aide de la droite dressée sur Latis-Pro :



En prenant un point de la courbe on a : 0,011/0,8 = 0,014
donc : k = g/c
<==> k = 9,81/0,014 = 700 N/m

Cela signifie que le ressort de notre amortisseur a une raideur de 700 N/m.

Sachant que nous désirons tester la capacité de franchissement du véhicule en fonction de la précontrainte du ressort,il nous faut fixer la hauteur de l'obstacle a franchir pour déterminer la masse limite a ajouter au véhicule. En effet l'amortisseur étant incliné lorsque il s'enfonce de 2cm les roues se soulèvent de 2.5cm. par conséquent en fixant la hauteur de franchissement a 1.25cm l'amortisseur s enfoncera de 1cm . Donc la masse a ajouter ne doit pas excéder les 1600g puisque si l amortisseur s enfonce de 1cm pour 800g le point amortie sur le véhicule est situé au milieux du tasseaux liant les roue avant et l'amortisseur.

Ce qui nous donne la relation suivante d'après les données ci-dessus :

M = masse maximal pouvant être ajoutée
H = la hauteur de l'obstacle

2.5-M*0.014*1.25*2 = H

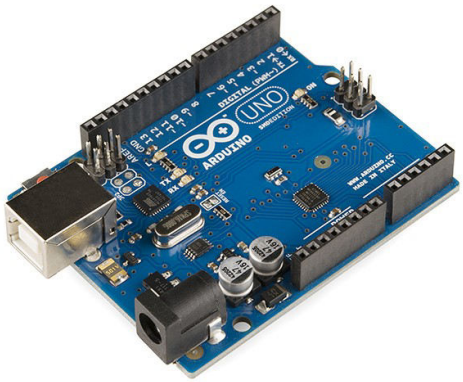
Chaîne d'informations :

Le but de notre projet, au niveau de l'électronique, est de piloter un moteur à courant continu, attaché à la molette de l'amortisseur, dans les deux sens de rotation possibles, pour régler la précontrainte de l'amortisseur en fonction de trois capteurs : deux capteurs de position qui renseignent une carte électronique sur le niveau de précontrainte de l'amortisseur, et un capteur de choc qui indique l'état de la route.

I – ARDUINO

Pour notre projet l'utilisation de l'ARDUINO semble être une nécessité afin de pouvoir automatiser l'amortisseur. Voici donc une petite documentation sur l'arduino :

Une carte ARDUINO est un composant qui permet de contrôler et/ou d'effectuer les tâches demander par l'utilisateur. Le concepteur doit développer une interface pour programmer la carte. Le logiciel et le matériel sont Open Source (à la disposition du grand public) ce qui facilitera la réalisation du projet. Ce composant est simple d'utilisation, et est utilisé dans beaucoup de domaine comme la robotique et la domotique.



Développement avec ARDUINO :

- On code l'application, grâce à l'environnement ARDUINO
- On transfert le code sur la carte;
- Le circuit est prêt à être utiliser.

II – L293D

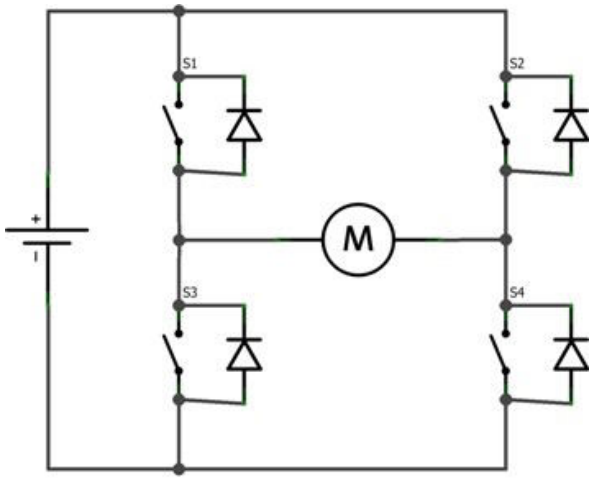
Si l'on désire piloter un moteur dans les deux sens de rotation, le L293D est un composant

de choix, voici son rôle et son fonctionnement :

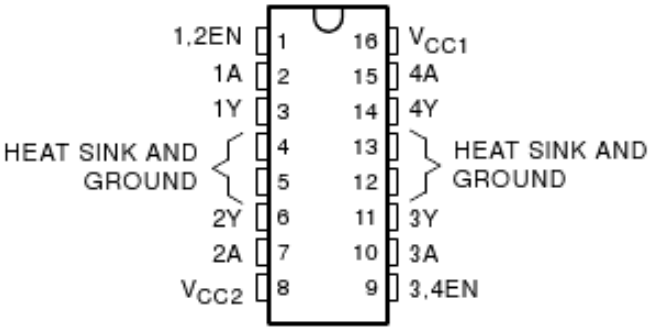
Le L293D est une "solution intégrée", il s'agit d'un petit composant abritant un double pont en H piloté par des transistors. Ce genre de composant est créé afin de simplifier un montage pour qu'il ne soit pas surchargé. Mais avant tout qu'est-ce qu'un transistor, ou un pont en H ?

Un transistor est un composant à 3 pattes (base, collecteur et émetteur), qui laisse passer le courant qu'il reçoit depuis son collecteur vers son émetteur, à condition que la base soit alimentée, on dit qu'il est **passant**, sinon il est **bloqué**.

Un pont en H est un montage simple qui permet de faire circuler un courant électronique dans un sens donné ou dans l'autre. Ce montage comprend quatre boutons ou transistors et un moteur. Ci-dessous, si les transistors et 4 sont fermés et les transistors 2 et 3 ouverts, le courants passe de la gauche vers la droite. A l'inverse, si les transistors 2 et 3 sont fermés et les transistors 1 et 4 ouverts le courant passe de la droite vers la gauche. Maintenant, pour des raisons de sûreté, il est préférable de placer des diodes dites "roues libres" aux bornes des boutons pour que le courants soit libre de circuler sans griller les transistors, par exemple. Voici le schéma de ce type de montage :



Un L293D abrite tous ces composants et même les diodes. A présent, voici à quoi correspondent les pattes du L293D :



Les broches 1 et 9 sont les broches d'activation (enable), si elles sont alimentées les

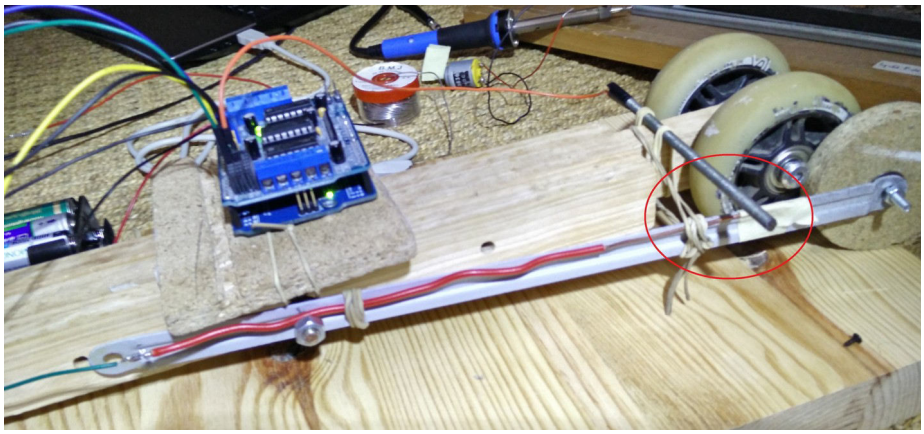
transistors seront fermés, sinon ils seront ouverts. Les broches 4, 5, 12 et 13 sont reliés à la masse et évacuent la chaleur. Les deux broches VCCs remplissent des rôles différents, une se charge de la partie commande (contrôle des transistors), l'autre de la partie puissance (alimente le moteur à la bonne tension. Enfin, les dernières broches pilotent les transistors. Ce L293D se révèle être un composant de choix.

III – Les capteurs

Les capteurs forment une partie cruciale du système, en effet c'est grâce à eux que l'ARDUINO saura piloter le moteur. Nous utilisons trois capteurs : deux capteurs ILS placé en haut et en bas de l'amortisseur, et un capteur de choc. Qu'est-ce qu'un capteur ILS et de quoi le capteur de choc est-il fait ?

Un capteur ILS est en fait un simple bouton poussoir comandé par un champ magnétique, il s'agit de deux lamelles de métal qui ne se touchent pas en position normale, mais lorsque un aimant passe devant, le champ magnétique rapprochent les lamelles et le courant peut circuler. Nous utilisons ce genre de capteur car nous avons placé, sur la partie mobile de l'amortisseur qui règle sa précontrainte, des aimants, donc lorsque ceux-ci passent devant les capteurs ILS placés en haut et en bas de l'amortisseur, le courant circule et l'information est transmise à l'ARDUINO.

Le capteur de choc utilisé est un bouton poussoir improvisé. Une roue supplémentaire est placée devant les roues de base, mais elle est attachée grâce à une tige horizontale, libre de mouvement vertical. Lorsque la roue en question heurte une bosse, par exemple, la tige se lève et rentre en contact avec un fil placé au dessus. Quand la tige touche le fil, le courant circule pour transmettre l'information à l'ARDUINO. Voici une photo du mécanisme pour illustrer ces propos :



Ainsi ces quelques capteurs suffisent à remplir les tâches demandées.

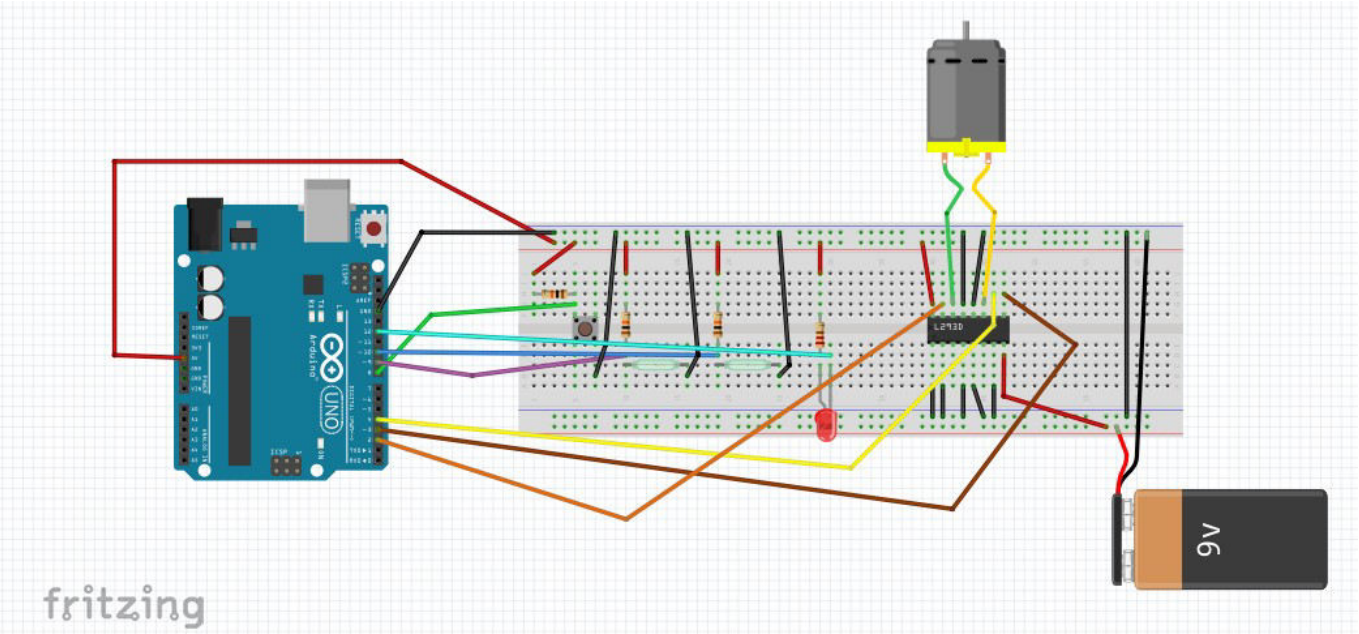
IV – Programme et montage

Le programme a été écrit à l'aide de l'environnement ARDUINO, dans le langage utilisé par l'ARDUINO, qui s'inspire vaguement du C. On déclare les constantes, ici les capteurs et les broches du L293D. Ensuite on définit les types de constante, entrée ou sortie. Par exemple les capteurs sont des entrées et les broches du L293D sont des sorties. Quand cela est fait, on demande à l'ARDUINO de lire l'état des capteurs, activé ou non et on lui donne les ordres à éxécuter selon ces mêmes états. On utilise une LED qui s'allume pour prévenir l'usager lorsque le mécanisme rencontre une position impossible normalement.

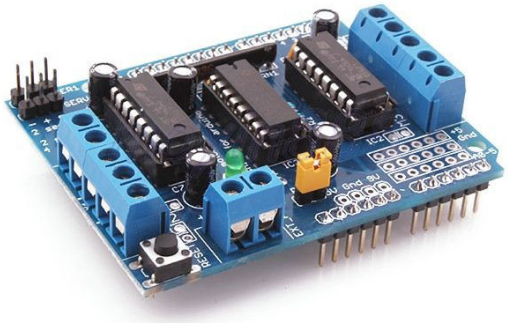
Voici la table de vérité qui résume le fonctionnement du moteur. 1 signifie "activé", 0 signifie "non-activé" et "Alerte" correspond à la LED :

Amortisseur « souple »	Amortisseur « rigide »	Choc		Positionner en « souple »	Positionner en « rigide »	Alerte
0	0	0		0	1	0
0	0	1		1	0	0
0	1	0		0	0	0
0	1	1		1	0	0
1	0	0		0	1	0
1	0	1		0	0	0
1	1	0		0	0	1
1	1	1		0	0	1

Enfin, voici le montage final, avec tous les composants illustrés :



Un problème survient alors, le montage obtenu est lourd, compliqué et peu fiable. Nous avons donc décidé d'utiliser un shield pour ARDUINO. Le pricipe du shield est très simple, il s'agit d'un composant de la même taille qu'une carte ARDUINO, qui se plug directement sur celle-ci et qui effectue les tâche demandées, plus simplement. Nous utilisons dans ce cas, un shield équipé d'un L293D.



Voici à quoi se résume la partie électronique du projet qui forme la chaîne d'information.

Conclusion :

Suite aux expériences menées : électro-aimant, système à crémaillère, vérin hydraulique et enfin un amortisseur existant, nous avons finalement su répondre à la problématique en agissant sur la compression du ressort par le biais d'un moteur commandé par une carte électronique, agissant en fonction des chocs ressentis, et de la position du ressort.

Sources :

http://eskimon.fr/285-arduino-601-le-moteur-courant-continu
http://eskimon.fr/96-arduino-204-un-simple-bouton
https://openclassrooms.com/courses/l-electronique-de-zero/le-transistor-en-regime-de-saturation
http://www.lerepairedesmotards.com/
http://www.les7pechesdumotard.fr/
http://vtt.org/