

## Modélisation d'un amortisseur par l'étude de la viscosité d'un ferrofluide.

Le développement rapide des technologies de transport et les innovations fréquentes qui ont lieu dans ce domaine nous ont poussés à nous intéresser au concept innovant de l'amortissement ferrofluide. Le fluide utilisé possède des propriétés magnétiques, qui seront mises à profit lors de notre modélisation.

L'interaction magnétique qui a lieu dans le modèle de l'amortisseur ferrofluide, et l'étude de ses conséquences sont les points clés de notre sujet. Ainsi, le comportement du ferrofluide vis-à-vis de son environnement, et en particulier les variations de sa viscosité seront mis à l'étude lors de notre expérimentation.

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- MOUHOUBI Rakine

### Positionnement thématique (phase 2)

*PHYSIQUE (Physique de la Matière), CHIMIE (Chimie Inorganique), PHYSIQUE (Physique Théorique).*

### Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Fluide</i>	<i>Fluid</i>
<i>Viscosité</i>	<i>Viscosity</i>
<i>Magnétorhéologique</i>	<i>Magnetorheological</i>
<i>Amortisseur</i>	<i>Damper</i>
<i>Modélisation</i>	<i>Modeling</i>

### Bibliographie commentée

Depuis le début des années 2000, la parc automobile français s'est accru de plus de 5 millions de véhicules. En 2015, l'ensemble des voyageurs sur le territoire français a parcouru 928 milliards de kilomètres, dont 728 en véhicules individuels. En effet, le transport en véhicules particuliers représente 79,5 % du transport total de voyageur [1].

Ces chiffres démontrent le développement rapide nécessaire dans le domaine des technologies de transport, et l'aspect crucial de l'optimisation des systèmes, à des fins environnementales. Ainsi, les questions de consommation d'énergie, d'émissions de gaz à effets de serre, et de rejets de substances polluantes sont au cœur du domaine des technologies du transport [2].

Le secteur de la construction automobile joue donc un rôle indispensable dans la politique de développement durable à mener dans les prochaines années. L'optimisation de la dynamique d'un

véhicule, et du fonctionnement de chaque pièce automobile est alors à considérer.

L'amortisseur automobile a pour but de diminuer la violence des chocs, l'amplitude des oscillations du véhicule, en amortissant ses vibrations par dissipation d'énergie. Il joue donc un rôle fondamental dans l'optimisation du confort et de la performance du véhicule.

Le modèle le plus courant actuellement dans l'industrie automobile est celui de l'amortissement hydraulique à ressort, où l'abaissement d'un piston est amorti par la circulation d'un fluide à travers celui-ci. Ont également été développés plus récemment des systèmes de suspension dite « pneumatique » et « hydractive », plus fiables et plus compacts, mais dont le coût est plus élevé que celui de l'amortisseur à ressort [3].

Mais malgré le développement de systèmes élaborés, les constructeurs rencontrent des difficultés à allier confort et dynamisme, alors même que les véhicules deviennent polyvalents, et que les exigences des conducteurs se diversifient [4].

Le développement de nouvelles techniques ouvre alors des perspectives multiples. On s'intéresse en particulier au modèle de suspensions développé d'abord par l'entreprise Delphi Corporation, reposant sur les caractéristiques d'un fluide magnétorhéologique, dont la viscosité est variable, et modulable [5].

Les fluides magnétorhéologiques sont en effet des suspensions colloïdales de nanoparticules ferromagnétiques de quelques micromètres de diamètre, dans un solvant. Ces particules ont la particularité de former un agrégat de matière sous l'effet d'un champ magnétique : le fluide change alors de viscosité [6][7].

Leur utilisation dans le cas d'un amortisseur se fait donc par contrôle de la viscosité du fluide, en fonction de la sollicitation de l'amortisseur. Des bobines sont ainsi intégrées au système, et permettent de maîtriser la résistance à l'écoulement du fluide. Des capteurs offrent de l'information en temps réel, et permettent ainsi un amortissement s'adaptant continuellement [3][8].

La technologie ainsi développée surpasse ses prédécesseurs, puisque, par son adaptabilité, elle propose un amortissement maximal plus efficace (et donc un plus grand degré de contrôle du véhicule en cas de fortes oscillations), mais aussi un amortissement minimal plus doux, assurant un plus grand confort lors de faibles oscillations. Elle est fiable, et très rapide, puisque le temps de boucle du système de contrôle est de l'ordre de la milliseconde : le système est capable de modifier le flux du liquide 1000 fois par seconde. De plus, l'absence de point de frottement dans le système garantit une usure moindre, et un entretien minimal [9].

On se propose donc de modéliser un amortisseur à fluide magnétorhéologique, dans le cadre de l'étude de ses avantages par rapport à un amortisseur classique, mais aussi de l'étude des propriétés du fluide impliqué.

## **Problématique retenue**

Le contrôle du fluide à l'intérieur du système de suspension et la prévision de son comportement sont essentiels au fonctionnement de l'amortisseur. Il s'agit donc de comprendre comment sont modifiées les propriétés du fluide magnétorhéologique, et en quoi cela permet la création d'un

système innovant d'amortissement.

## Objectifs du TIPE

On se propose ainsi d'étudier la structure d'un amortisseur automobile, et de comparer d'un point de vue théorique le modèle de l'amortisseur magnétorhéologique et celui de l'amortisseur « classique ». Pour cela, on procèdera à une description détaillée des différents systèmes existants, et on discutera de différents paramètres, tels que leur coût ou leur efficacité.

Parallèlement sera effectuée par mon camarade l'étude théorique du comportement d'un fluide magnétorhéologique sous l'effet d'un champ magnétique.

Puis, ensemble, nous réaliserons la modélisation d'un amortisseur à fluide magnétorhéologique, et, par des mesures expérimentales telles que des mesures de viscosité, nous comparerons à la théorie.

## Abstract

During our TIPE we've tried to reproduce and simplify a specific model of damper using ferrofluids, in order to understand and verify its properties. After we managed to produce our own ferrofluid, we observed its behaviour under a magnetic field with a microscope and highlighted its magnetical properties through an optical experiment, involving its anisotropy. Afterwards, we've studied the flow of a commercial ferrofluid in order to predict its movement in the modelling of our damper. That modelling has finally been achieved by using a syringe and a U-shaped plastic tube containing the ferrofluid.

## Références bibliographiques (phase 2)

[1] SERVICE DE L'OBSERVATION ET DES STATISTIQUES (SOES) : Chiffres clés du transport - Edition 2017 :

[http://www.statistiques.developpementdurable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits\\_editoriaux/Publications/Datalab/2017/datalab-11-cc-du-transport-edition-2017-fevrier2017-c.pdf](http://www.statistiques.developpementdurable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Datalab/2017/datalab-11-cc-du-transport-edition-2017-fevrier2017-c.pdf)

[2] CENTRE INTERPROFESSIONNEL TECHNIQUE D'ÉTUDES DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE : Rapport d'évolution des émissions par grand secteur – Particules en suspension :

[http://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/secten#Evolution\\_emi\\_gd\\_secteurs](http://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/secten#Evolution_emi_gd_secteurs)

[3] HUSSEIN SLEIMAN : Systèmes de suspension semi-active à base de fluide magnétorhéologique pour l'automobile : *Thèse, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers NNT : 2010-ENAM-0020*

[4] PIERRE-YVES BOCQUET : L'électricité regonfle les amortisseurs : *L'Usine Nouvelle n°2964*

[5] DELPHI CORPORATION : Fiche technique – Chassis and steering system : <https://www.motor-talk.de/forum/aktion/Attachment.html?attachmentId=488981>

[6] STEFAN ODENBACH : Magnetoviscous Effects in Ferrofluids : *Odenbach S., Thurm S. (2002) Magnetoviscous Effects in Ferrofluids. In: Odenbach S. (eds) Ferrofluids. Lecture Notes in Physics, vol 594. Springer, Berlin, Heidelberg*

[7] ELISE BOURDIN, JULIE CHARMASSEN, JULIEN BAGLIO : Mesure de viscosités par relaxation d'anisotropie dans un ferrofluide : *ENS Cachan 2007*

[8] GUILLAUME LALLET ET PAUL VERDIER : Introduction aux ferrofluides et suspensions magnétorhéologiques : [http://physique.unice.fr/sem6/2013-2014/PagesWeb/PT/Turbulence/DL/Susp\\_Mag\\_CR.pdf](http://physique.unice.fr/sem6/2013-2014/PagesWeb/PT/Turbulence/DL/Susp_Mag_CR.pdf)

[9] BENSON KONG : For Cadillac and Corvette Fans: Exploring the History of GM's Magnetic Ride Control : <http://www.motortrend.com/news/for-cadillac-and-corvette-fans-exploring-the-history-of-gm-magnetic-ride-control-318181/>

## DOT

- [1] *Synthèse d'un ferrofluide de novembre à décembre. Fabrication lors de 3 séances d'un ferrofluide organique à l'aide d'un protocole validé par le laboratoire de chimie de notre lycée.*
- [2] *Étalonnage d'un électroaimant en prévision des expériences à venir. Tracé d'une courbe liant champ magnétique et courant électrique qui servira à connaître précisément le champ créé.*
- [3] *Première tentative de modélisation d'un amortisseur à l'aide d'un dispositif impliquant des seringues et un tube de verre. Problèmes de fuite rencontrés lors de l'application d'une pression sur le système, report de la manipulation.*
- [4] *Mise en valeur expérimentale de l'anisotropie optique du ferrofluide synthétisé sous l'influence d'un champ magnétique variable à l'aide d'un dispositif impliquant un luxmètre. Remplacement du luxmètre par une photodiode et de la cuve de ferrofluide par une lame. Critique des résultats et vérification des propriétés fondamentales du ferrofluide.*
- [5] *Observation du ferrofluide synthétisé au microscope, application d'un champ magnétique sur le fluide, et utilisation de la caméra du microscope pour capturer les changements observés.*
- [6] *Deuxième tentative de modélisation de l'amortisseur en remplaçant le tube de verre par un tube non-rigide en plastique, et la seringue réceptrice par une cuve graduée afin d'empêcher les fuites dues à la pression. Problème de fluidité de l'écoulement à l'entrée de la cuve. Report de la manipulation.*
- [7] *Mesure du temps de l'écoulement d'un ferrofluide à la sortie d'une burette en fonction du champ magnétique appliqué et comparaison à une espèce étalon (glycérol). Critique des résultats et obtention de la viscosité en fonction du temps d'écoulement grâce à l'hypothèse d'un écoulement de Poiseuille.*
- [8] *Modélisation de l'amortisseur, observation de l'écoulement du fluide dans le tube et non dans la seringue, mesure du niveau de fluide en fonction du champ magnétique appliqué à l'aide d'un procédé optique permettant la projection du tube sur un écran.*