

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

Les diverses expériences physiques et chimiques pouvant être menées avec les ferrofluides ayant une application novatrice dans l'industrie automobile, notamment dans la conception d'amortisseurs, ont motivé notre choix se portant sur l'étude de ce fluide dont les propriétés magnétiques s'avèrent intrigantes.

L'étude de la viscosité d'un ferrofluide variant sous l'effet de la pression de l'air et d'un champ magnétique est le centre d'intérêt de notre exposé. Après une synthèse de ce composé, on modélise un amortisseur par le biais d'interactions magnétiques.

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

**Liste des membres du groupe :**

- *SANTUCCI Joseph*

### 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>Magnétorhéologique</i>	<i>Magnetorheological</i>
<i>Viscosité</i>	<i>Viscosity</i>
<i>Amortisseur</i>	<i>Damper</i>
<i>Modélisation</i>	<i>Modelling</i>

### Bibliographie commentée

Depuis le début des années 2000, le 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 voyageurs [1].

Ces chiffres démontrent le développement rapide et 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 effet 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 et 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 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.

Plus récemment, de nouveaux systèmes de suspension ont été développés. Ces suspensions, plus fiables et plus compactes, sont dites « pneumatique » et « hydractive », mais possèdent un coût plus élevé que celui de l'amortisseur à ressort [3].

Cependant, malgré le développement de systèmes élaborés, les constructeurs rencontrent encore 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 suspension développé 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 notre cadre, se réalise donc par le 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 également 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. De plus, elle propose 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 alors 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 par 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

Ainsi, notre axe de recherche se concentrera sur l'étude de la viscosité du fluide magnétorhéologique afin de comprendre le fonctionnement d'un tel système d'amortissement. En effet, les propriétés physiques de ce fluide sont modifiées par le biais d'interactions magnétiques amenant la formation d'agrégats et provoquant donc des contraintes associées à un amortissement.

Ce suivi des propriétés rhéologiques du fluide s'inscrit dans la modélisation d'un amortisseur dont les résultats expérimentaux montreront sa singularité par rapport à un amortisseur ordinaire. Une approche globale sera alors réalisée par mon camarade afin de comparer ces deux modèles.

## Abstract

During our TIPE, we tried to reproduce and simplify a specific model of damper, using ferrofluids, in order to understand and check its properties. After we managed to produce our own ferrofluid, we observed its behaviour under a magnetic field with a microscope and highlighted its magnetic properties through an optical experiment, involving its anisotropy. Then, we studied the flow of a commercial ferrofluid in order to predict its movement in the modelling. Finally, our modelling, using a syringe and a U-shaped plastic tube, puts forward the changing rheological properties of this magnetic fluid.

## Références bibliographiques (phase 2)

- [1] SERVICE DE L'OBSERVATION ET DES STATISTIQUES (SOES) : Chiffres clés du transport – Edition 2017 : [http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits\\_editoriaux/Pu\\_blications/Datalab/2017/datalab-11-cc-du-transport-edition-2017-fevrier2017-c.pdf](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Pu_blications/Datalab/2017/datalab-11-cc-du-transport-edition-2017-fevrier2017-c.pdf) (site consulté en avril 2017)
- [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) (site consulté en décembre 2017)
- [3] HUSSEIN SLEIMAN : Systèmes de suspension semi-active à base de fluide magnétorhéologique pour l'automobile : *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 magnéto-rhéologiques : [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) (site consulté en avril 2017)

[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/> (site consulté en décembre 2017)

## Références bibliographiques (phase 3)

[1] CHARLOTTE RIVIERE : Les colloïdes magnétiques et leur utilisation biophysique dans la détection, le guidage et le suivi cellulaire in vitro et in vivo : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00096699>

## 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 janvier 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 en février 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 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. Critiques et vérifications 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 mars, 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 en avril, après un étalonnage à l'aide de glycérol, à la sortie d'une burette en fonction du champ magnétique appliqué. Critiques 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.*