

**THÈSE DE DOCTORAT**

**DE L'ÉTABLISSEMENT UNIVERSITÉ BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ**

**PRÉPARÉE À L'UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTÉ**

École doctorale n°37

Sciences Pour l'Ingénieur et Microtechniques

Doctorat de Génie Energétique

par

**JULIEN PETITGIRARD**

**Modélisation du dimensionnement électrothermique d'un faisceau  
électrique dans son environnement véhicule**

Thèse présentée et soutenue à Belfort, le XX Décembre 2022

Composition du Jury :

HULK INCROYABLE	Professeur à l'Université de Gotham City Commentaire secondaire	Président
Pr. DIDIER CHAMAGNE	Professeur à l'Université de Franche-Comté	Directeur de thèse
Dr. PHILIPPE BAUCOUR	Maître de conférences à l'Université de Franche-Comté	Codirecteur de thèse
M. JEAN-CHRISTOPHE DELMARE	Maître-Expert Faisceau à Stellantis	Examineur
M. ERIC FOULLIEN	Chef de projet Digital Boost à Stellantis	Invité



# SOMMAIRE

0.0.1	Besoin de faisceau électrique dans les véhicules . . . . .	iii
-------	--	-----

## 0.0.1/ BESOIN DE FAISCEAU ÉLECTRIQUE DANS LES VÉHICULES

L'électrification des voitures a commencé dès les premières années de l'automobile avec des voitures électriques. En effet, les premiers prototypes de voiture électrique ont été conçus à partir de 1830 [Morimoto(2015)].

Cependant, pendant la majeure partie de son histoire et encore maintenant, la propulsion a été dominée par les moteurs à combustion interne (IC), en raison de la densité énergétique de l'essence (10kWh/kg) qui est d'un ordre de grandeur plus grande que celle de l'électricité stockée (batterie lithium/ion 0,1 à 0,2 kWh/kg). Fait intéressant, c'est un accessoire électrique, le démarreur, qui a fourni au moteur IC un avantage supérieur par rapport à la propulsion électrique, avec un moyen pratique et sûr de démarrer le moteur. Ensuite, pendant le début du XXIème siècle, les voitures étaient essentiellement équipées de divers systèmes mécaniques, avec l'électricité limitée aux fonctions d'allumage, de phares et de démarrage [Conrad(1913)]. L'électrification de fonctions plus avancées a commencé dans les années 1950 avec l'introduction de l'autoradio, dans les années 1960 avec l'injection électronique de carburant, et avec les premiers contrôleurs et ordinateurs embarqués dans les années 1970. Ces avancées illustrent déjà les motivations multiformes de l'électrification : des démarreurs pour plus de commodité, des radios pour le plaisir et le divertissement, des injecteurs de carburant et des contrôleurs pour des performances améliorées du moteur. L'ensemble de ces avancées a permis une meilleure densité de couple moteur, une meilleure efficacité et des émissions polluantes réduites, les deux derniers devenant des problèmes dans les années 1960 et 1970.

Les systèmes de sécurité ont pu être développés grâce à divers composants électriques tels que les systèmes de freinage antiblocage (ABS) et les airbags. Tous deux sont des exemples qui font partie de l'électrification, avec un besoin de capteurs, de contrôleurs et de solénoïdes (bobines) ou de moteurs électriques [Lequesne(2015)]. Cependant, au cours des 20 dernières années, l'électrification est arrivée à des composants dans pratiquement toutes les fonctions de la voiture. Des années 2000 à nos jours, les véhicules ont été allégés à l'aide de la tendance appelée "X-by-wire". C'est un terme générique désignant le remplacement des systèmes mécaniques ou

hydrauliques, tels que le freinage ou la direction, par des systèmes électroniques. L'électronique embarquée, et plus précisément les logiciels embarqués ont remplacé de plus en plus les systèmes mécaniques et hydrauliques. Les raisons de cette évolution sont à la fois technologiques et économiques. D'une part, le coût des composants matériels diminue tandis que leur performance et leur fiabilité augmentent. De plus, la technologie électronique facilite l'introduction de nouvelles fonctions dont le développement serait coûteux, voire impossible, si l'on utilisait uniquement des systèmes mécaniques ou hydrauliques. Cette évolution, autrefois confinée à des fonctions telles que la commande moteur, les essuie-glaces, l'éclairage ou les commandes de portes, affecte désormais tous les domaines de la voiture, même pour les fonctions critiques telles que la commande des gaz, des freins ou de la direction [Wilwert et al. (2005)Wilwert, Navet, Song et Simonot-Lion]. De plus, le véhicule est actuellement en train d'évoluer très rapidement avec l'apparition et le développement de l'info-divertissement<sup>1</sup> et de systèmes avancés d'aide à la conduite<sup>2</sup> qui ont pour objectif à terme d'avoir un véhicule entièrement autonome sur nos routes. Toutes ces nouvelles technologies demandent une multitude de capteurs et actionneurs tels que des radars, lidars, caméras, capteurs de position, etc. [Baftiu et al. (2016)Baftiu, Pajaziti etCheok, Mohankumar et al. (2019)Mohankumar, Ajayan, Yasodharan, Devendran et Sambasivam], ce qui a pour conséquence une augmentation croissante du réseau électrique de bord tant pour les véhicules à motorisation thermique que les véhicules électriques [Baxter et al. (2018)Baxter, Merced, Costinett, Tolbert etOzpineci, Stewart(2018)]. Cette augmentation croissante des fonctionnalités liées à l'électricité fait croître considérablement la quantité de conducteurs électriques dans le véhicule. Ce phénomène s'intensifie encore maintenant alors que dès 1994 [Aguirre et Raucent(1994)] constatent que le faisceau est l'item le plus cher d'un véhicule, en 2002 [Leen et Heffernan(2002)] constataient que 80% des innovations étaient électriques, que l'électronique et l'électricité représentaient 23% du coût d'un véhicule de luxe.

---

1. connu aussi sous l'anglissicisme « infotainment ».

2. aussi appelés ADAS : Advanced driver-assistance systems

# BIBLIOGRAPHIE

- [Aguirre et Raucen(1994)] Aguirre et Raucen 1994 AGUIRRE, E.; RAUCENT, B. : **“Economic comparison of wire harness assembly systems”**. Dans *Journal of Manufacturing Systems* 13 (1994), numéro 4, pages 276 – 288. – URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0278612594900353>. – ISSN 0278-6125. DOI : [https://doi.org/10.1016/0278-6125\(94\)90035-3](https://doi.org/10.1016/0278-6125(94)90035-3)
- [Baftiu et al. (2016)Baftiu, Pajaziti etCheok] Baftiu et al. 2016 BAFTIU, I.; PAJAZITI, A.; CHEOK, K. C. : **“Multi-mode surround view for ADAS vehicles”**. Dans *2016 IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS)*, Décembre 2016, pages 190–193. DOI : 10.1109/IRIS.2016.8066089
- [Baxter et al. (2018)Baxter, Merced, Costinett, Tolbert etOzpineci] Baxter et al. 2018 BAXTER, J. A.; MERCED, D. A.; COSTINETT, D. J.; TOLBERT, L. M.; OZPINECI, B. : **“Review of Electrical Architectures and Power Requirements for Automated Vehicles”**. Dans *2018 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC)*, 2018, pages 944–949. DOI : 10.1109/ITEC.2018.8449961
- [Conrad(1913)] Conrad 1913 CONRAD, Franck : **“Electrical equipment of gasoline automobiles”**. Dans *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers* 32 (1913), Novembre, numéro 11, pages 1995–2005. – URL <https://ieeexplore.ieee.org/document/6661007>. – ISSN 0097-2444. DOI : 10.1109/PAIEE.1913.6661007
- [Leen et Heffernan(2002)] Leen et Heffernan 2002 LEEN, G.; HEFFERNAN, D. : **“Expanding automotive electronic systems”**. Dans *Computer* 35 (2002), numéro 1, pages 88–93. DOI : 10.1109/2.976923
- [Lequesne(2015)] Lequesne 2015 LEQUESNE, B. : **“Automotive Electrification : The Nonhybrid Story”**. Dans *IEEE Transactions on Transportation Electrification* 1 (2015), June, numéro 1, pages 40–53. – ISSN 2332-7782. DOI : 10.1109/TTE.2015.2426573
- [Mohankumar et al. (2019)Mohankumar, Ajayan, Yasodharan, Devendran et Sambasivam] Mohankumar et al. 2019 MOHANKUMAR, P.; AJAYAN, J.; YASODHARAN, R.; DEVENDRAN, P.; SAMBASIVAM, R. : **“A review of micromachined sensors for automotive applications”**. Dans *Measurement* 140 (2019), pages 305–322. – URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224119302970>. – ISSN 0263-2241. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.03.064>

- [Morimoto(2015)] Morimoto 2015 MORIMOTO, Masayuki : **“Which is the First Electric Vehicle?”**. Dans *Electrical Engineering in Japan* 192 (2015), Avril, numéro 2, pages 31–38. – URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/eej.22550>. DOI : 10.1002/eej.22550
- [Stewart(2018)] Stewart 2018 STEWART, Jack : *Self-Driving Cars Use Crazy Amounts of Power, and It's Becoming a Problem*. wired.com. Juin 2018. – URL <https://www.wired.com/story/self-driving-cars-power-consumption-nvidia-chip/>
- [Wilwert et al. (2005)Wilwert, Navet, Song et Simonot-Lion] Wilwert et al. 2005 WILWERT, Cédric ; NAVET, Nicolas ; SONG, Ye-Qiong ; SIMONOT-LION, Françoise : **“Design of automotive X-by-Wire systems”**. Dans ZURAWSKI, Richard (éditeurs) : *The Industrial Communication Technology Handbook*, CRC Press, 2005. – URL <https://hal.inria.fr/inria-00000562>. – <http://www.taylorandfrancis.com/>



