

Etude du freinage d'un véhicule électrique en conditions réelles pour différents usagers

Margaux LEHUT JÉHU^{1,2,3,4}, Walter LHOMME^{1,2}, Jean-François BRUNEL^{1,3}, Alain BOUSCAYROL^{1,2}

¹ CUMIN interdisciplinary programme of University of Lille

² Univ. Lille, Arts et Métiers Institute of Technology, Centrale Lille, Junia, ULR 2697 - L2EP, F-59000 Lille, France

³ Univ. Lille, UMR 9013– LaMcube, F-59000 Lille, France

⁴ Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, F-49004 Angers, France

RESUME - Aujourd'hui, les véhicules électriques comprennent, en plus du frein mécanique, un dispositif de freinage régénératif - dit électrique - grâce à l'utilisation de la machine électrique du véhicule en mode génératrice. Chaque constructeur automobile a donc développé sa propre stratégie de répartition entre le freinage mécanique et le freinage électrique, en fonction de son cahier des charges. Des normes d'émissions de particules, comme Euro 7, seront d'ailleurs à respecter dès 2027 et favoriseront l'utilisation du freinage électrique. Les freins mécaniques ont cependant une réponse en effort et en émission de particules qui dépend de leur fréquence d'utilisation. De plus, les habitudes de conduite des utilisateurs font varier la consommation d'énergie d'un véhicule. Ce travail propose d'analyser la réponse en freinage d'une voiture électrique sur un même parcours pour plusieurs utilisateurs. Les répartitions énergétiques présentées montrent des divergences de résultats entre les conducteurs à la fois pour la consommation totale et l'utilisation du freinage électrique.

Mots-clés— *véhicule électrique, répartition de freinage, freinage régénératif, instrumentation, essai sur route, temps réel*

1. INTRODUCTION

La transition actuelle et future du véhicule thermique vers le véhicule électrique permet de réduire les émissions de polluants dus aux échappements des véhicules thermiques [1]. Cependant, cette réduction de pollution met en évidence une pollution jusqu'à présent peu considérée : celles des particules émises par le freinage mécanique [2]. En plus des émissions de particules fines et ultrafines [3], les freins mécaniques émettent également de la pollution sonore à cause des vibrations et crissements [4]. Le freinage mécanique dépend de l'état du troisième corps entre les deux surfaces de contact plaquette-disque. Ce troisième corps se construit et se renouvelle grâce aux particules d'usure de la plaquette et du disque lors des freinages [5]. Les émissions de polluants dépendent donc principalement de l'état de la surface tribologique, ou troisième corps, des freins au moment du freinage [6].

Les pollutions dues au freinage mécanique sont d'autant plus gênantes qu'elles sont accentuées par les trajets incluant un nombre de freinages important, comme en zone urbaine par exemple. C'est pourquoi, de prime abord, l'utilisation du freinage régénératif, permet de réduire la pollution liée au freinage [7]. Afin de garantir la sécurité des usagers, la conservation des freins mécaniques est toutefois primordiale. Dans ce cas, une stratégie de répartition entre freinages mécanique et électrique doit être établie [8]. Les stratégies de freinage des véhicules sont

établies par les constructeurs automobiles pendant les phases de conception.

Dans la littérature, les mesures sur route sont réalisées pour comparer les consommations d'énergie entre type de véhicule (électrique et hybride) [9] mais également pour quantifier l'efficacité énergétique d'un véhicule électrique [10]. L'impact de la conduite des usagers n'a toutefois pas encore été considéré. Cependant, chaque utilisateur possède ses propres habitudes de conduite, lesquelles vont modifier le cycle de conduite et donc le freinage. L'objectif de ce papier est d'analyser les évolutions d'une stratégie de répartition du freinage d'un véhicule électrique pour différents usagers sur un même parcours.

La partie 2 présente la méthodologie pour mesurer les cycles de conduite, de la description des cycles jusqu'à l'instrumentation du véhicule, en passant par une présentation succincte de la stratégie de freinage du véhicule étudié. La partie 3 présente et discute de l'analyse des données mesurées sur route et la répartition de freinage.

2. METHODOLOGIE DE RELEVÉ DES CYCLES ROUTIERS

2.1. Cycles mesurés sur route

Les cycles ont été mesurés dans le cadre du projet SARA (Social Acceptance of electric vehicles in Restricted Areas) du programme CUMIN (Campus of University with Mobility based on Innovation and carbon Neutrality) [11]. Le projet SARA a pour but d'évaluer l'acceptation aux véhicules électriques par le grand public par le biais de tests sur véhicules [12]. La voiture étudiée dans ce travail est ainsi conduite par un panel de conducteurs varié. Ceux-ci sont de tout âge (entre 18 et plus de 65 ans), de genre différent et sont tous rattachés à l'Université de Lille (personnel ou étudiant). Pour cette étude, 14 essais sont retenus sur plus d'une centaine réalisés.

Dans le cadre de ce travail, un seul et unique parcours est considéré, comprenant une zone urbaine et une zone extra-urbaine. Ce parcours (Fig. 1), correspond à un trajet domicile-travail typique de la métropole lilloise (région Hauts-de-France), soit 7 km. Le parcours présente en moyenne une durée plus importante sur la partie urbaine que péri-urbaine. Une analyse séparée des deux zones de façon systématique n'est donc pas toujours adéquate. Il est à noter que le parcours est le même pour chaque utilisateur, mais que les conditions de circulation restent variables et incontrôlables. Cependant, tous les cycles ont été enregistrés hors heures de forte fréquentation telles que tôt le matin ou en fin d'après-midi. L'influence du trafic sera donc négligée pour l'étude. De plus, les cycles ont été enregistrés entre les mois

de février et de mai, l'usage de l'air conditionné n'a donc pas été nécessaire. Cela permet de ne pas être impacté par la consommation des éléments auxiliaires du véhicule, qui peuvent pourtant avoir une certaine influence, comme analysé dans [13]. De même, les cycles ayant été réalisés pour des températures entre 7 et 20°C, l'influence de la température sur la masse volumique de l'air et donc sur les forces de résistance à l'avancement est négligé. L'hypothèse est donc faite que la température extérieure n'influence pas la consommation d'énergie du véhicule.

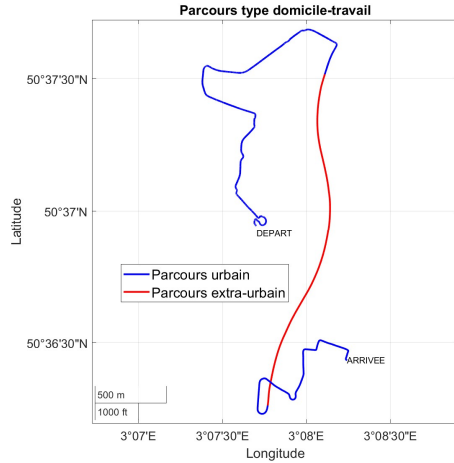


Fig. 1 Parcours type domicile-travail

2.2. Instrumentation du véhicule électrique étudié

Le véhicule électrique étudié est la Nissan LEAF. Cette voiture a été choisie car c'est un véhicule dit « compact » à 5 places, couramment utilisé en France en raison de son adaptation à tous les types de circulation. Cette voiture a été instrumentée de telle sorte à pouvoir enregistrer des cycles réels de conduite du véhicule. Pour cela, un raccordement via un port OBD (On-Board Diagnosis) de la voiture permet d'atteindre le bus CAN de communication principale du véhicule et de récupérer les données. De plus, un capteur GPS est raccordé au système de mesure afin de pouvoir géolocaliser le véhicule. Lors de l'ensemble du cycle, les données sont enregistrées sur une clé USB externe via un système temps réel, une MicroAutoBox de dSPACE ©. Ce processus d'instrumentation du véhicule permet notamment d'avoir accès aux grandeurs suivantes : vitesse, accélération, position GPS, tension et courant de la batterie, état des pédales conducteurs et pression de maître-cylindre, etc.

2.3. Stratégie de répartition de freinage du véhicule étudié

L'objectif de ce papier est d'analyser la réponse en freinage d'un véhicule électrique. La stratégie de répartition de freinage du véhicule étudié n'est cependant pas connue, car il s'agit d'un choix propre au constructeur. Au lieu de chercher à identifier précisément les paramètres de cette stratégie, l'objectif ici est avant tout de comparer la réponse d'un véhicule pour plusieurs utilisateurs différents.

Le freinage électrique peut être activé par l'appui sur la pédale de frein ou par une décision du calculateur. Dans le premier cas, où la pédale de frein est appuyée, le calculateur répartit l'effort de retenue entre le freinage mécanique (freins à friction traditionnels) et le freinage électrique (couple de la machine électrique). Pour la deuxième situation, le freinage électrique cherche à reproduire le « frein moteur » d'un véhicule thermique. Dans les deux cas, lors d'une diminution de la vitesse, le courant de la batterie augmente jusqu'à devenir positif, ce qui

implique la recharge de la batterie. Cela se traduit par l'augmentation de l'état de charge SoC (State of Charge) de la batterie. Un SoC à 100% signifie que la batterie est totalement chargée.

La Fig. 2 représente un extrait d'enregistrement lors d'un essai du véhicule. Les zones colorées correspondent chacune à une situation différente d'appui ou non sur les pédales d'accélérateur et de frein ainsi qu'à l'action des freins mécaniques. L'extrait peut être découpé en trois phases : un freinage type frein moteur (phase 1) ; une courte phase d'accélération (phase 2) ; puis un deuxième freinage, cette fois-ci demandé par le conducteur par appui sur la pédale de frein (phase 3). Les trois phases sont marquées par des flèches représentées sur la courbe de vitesse de la Fig. 2a.

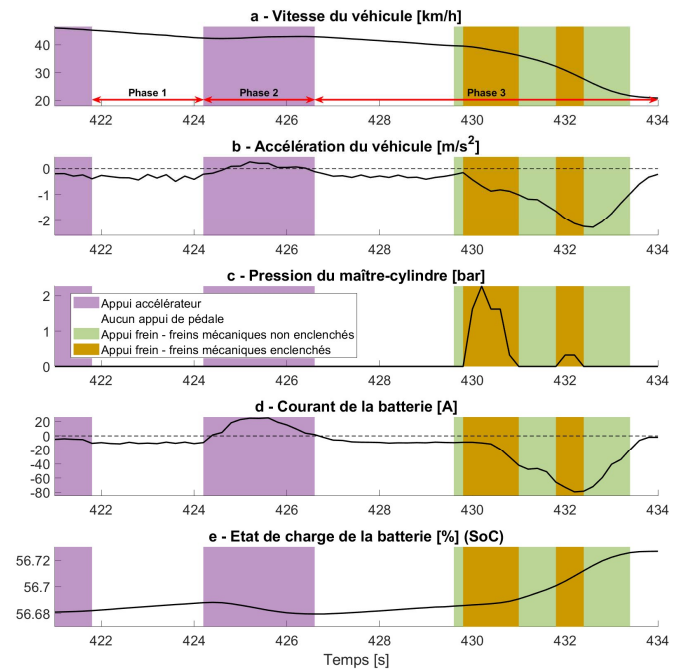


Fig. 2 Extrait d'un cycle illustrant la stratégie de freinage d'un véhicule électrique pour deux situations de ralentissement

La phase 1 est un exemple de choix de freinage type frein moteur. Celui-ci se déclenche dès que la pédale d'accélérateur n'est plus appuyée (zone blanche). La valeur de courant est plus faible que lorsque la pédale de frein est enfoncée (zones vertes et oranges), ce qui est cohérent avec le fait que l'utilisateur ne demande pas réellement un freinage. Il ne doit donc pas ressentir ce choix du calculateur comme une demande de freinage de sa part mais comme une conséquence du relâchement de la pédale d'accélérateur – comme dans un véhicule thermique. Par la suite, même si la machine électrique fonctionne en mode génératrice, ce type de freinage sera désigné comme freinage type frein moteur, afin de rappeler le fonctionnement typique d'un véhicule thermique.

La phase 2 montre une courte phase d'accélération, se traduisant par une accélération positive (Fig. 2 b), une légère augmentation de la vitesse du véhicule (Fig. 2 a), un courant de batterie positif (Fig. 2 d) ainsi qu'un état de charge de la batterie qui diminue (Fig. 2 e).

La phase 3 illustre un freinage typique demandé par l'utilisateur. Il commence dès que l'accélérateur est relâché et reproduit le comportement d'un véhicule thermique, soit l'action du frein moteur. Le freinage électrique se poursuit lors de l'appui sur la pédale de frein, parfois complété par l'action des freins mécaniques. Les freins mécaniques sont notamment employés à

chaque appui sur la pédale de frein, par mesure de sécurité pendant le calcul du module de répartition de freinage du véhicule. Pour rappel, le freinage électrique nécessite plusieurs conditions comme un état de charge de batterie inférieur à sa limite maximale et un couple demandé réalisable par la machine électrique. Les freins mécaniques ne comportent pas de conditions d'utilisation et sont donc indispensables au maintien d'un freinage sécuritaire en toute occasion.

Concernant la stratégie de répartition de freinage, celle-ci peut dépendre de plusieurs paramètres parmi lesquels la vitesse initiale, l'accélération ou l'état de charge de la batterie. L'augmentation de l'état de charge de la batterie (Fig. 2e) lors des phases de freinage régénératif sur la figure montre bien l'intérêt du système, soit l'augmentation de l'autonomie du véhicule. Les choix de stratégie de freinage restent propres au choix du véhicule. Les conclusions associées ne peuvent donc pas être transposées d'un type de véhicule à un autre. De même, les résultats énoncés dans ce papier restent propres au cycle choisi. Les caractéristiques qui ne sont pas prises en compte (trafic, durées de feu rouge, etc.) peuvent aussi influencer les résultats.

3. ANALYSE DES DONNEES MESUREES SUR ROUTE

La vitesse maximale moyenne sur les 14 cycles est de 83 km/h pour une vitesse moyenne de 34 km/h. Cela montre l'importante plage de vitesse atteinte sur ce cycle et la plus grande proportion de cycle urbain. Deux mesures de vitesse (Fig. 3), représentent les cycles ayant la plus grande et la plus faible énergie de traction. Le trajet parcouru est le même mais selon deux conduites différentes. Deux remarques peuvent s'en déduire : le cycle à plus grande consommation d'énergie est réalisé dans un plus court laps de temps et semble être réalisé à plus grande vitesse. Par ailleurs, la vitesse maximale atteinte sur le cycle est de 94 km/h pour le cycle le plus consommateur contre 72 km/h pour le cycle le moins consommateur.

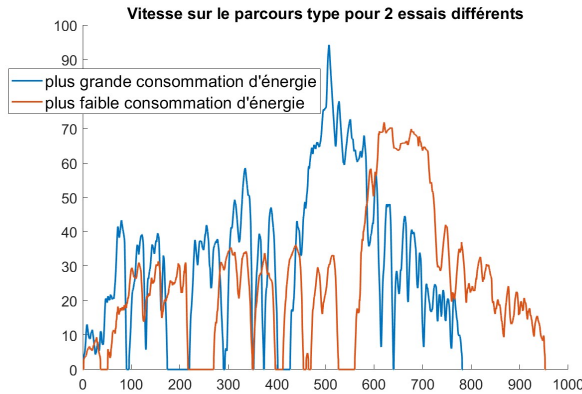


Fig. 3 Mesure de vitesse sur un même trajet pour deux usagers.

Pour la suite de l'étude, les consommations d'énergie des usagers sont analysées. L'équation (1) indique le calcul de la consommation d'énergie en prenant en compte la récupération d'énergie au freinage. Pour cela, la tension ainsi que le courant de la batterie sont utilisés, sachant qu'un courant de la batterie négatif indique une recharge alors qu'un courant positif indique une décharge (convention générateur pour la batterie).

$$E_{cons} = \int_{t_{départ}}^{t_{arrivée}} i_{bat}(t)u_{bat}(t)dt \quad (1)$$

L'équation (2) développe le calcul uniquement de la récupération d'énergie. La fonction de Heaviside est utilisée dans ce cas : elle permet de n'effectuer l'intégration que lorsque l'opposé du courant est positif, c'est-à-dire lorsque la batterie du véhicule se recharge pendant la conduite.

$$E_{reg} = \int_{t_{départ}}^{t_{arrivée}} i_{bat}(t)u_{bat}(t)h(-i_{bat}(t))dt \quad (2)$$

Enfin, le calcul de la consommation d'énergie pour la traction correspond à la somme des deux énergies calculées précédemment, comme détaillé à l'équation (3).

$$E_{traction} = E_{cons+reg} = E_{cons-reg} + E_{reg} \quad (3)$$

Le premier graphique de la Fig. 4 souligne les différences d'énergie électrique consommée en phase de traction entre les différents utilisateurs, dont une différence de 46% entre le plus faible et le plus fort consommateur d'énergie. Pour l'énergie récupérée au freinage, celle-ci varie entre 20 et 30% pour la plupart des cycles. Le deuxième graphique de la Fig. 4 montre les énergies consommées. Cette fois-ci, il y a une différence de 30% entre la plus faible et la plus grande consommation, ce qui réduit l'écart. En effet, à pourcentage de récupération égal, l'énergie récupérée augmentera avec l'énergie consommée, ce qui réduit les différences énergétiques entre les usagers.

Les conclusions sont donc difficiles à déterminer pour tirer un profil type d'optimisation de consommation d'énergie. Effectivement, dans les essais enregistrés, l'usager 1 est le plus faible consommateur d'énergie mais également celui avec un des pourcentages de récupération le plus faible. Pourtant l'usager 12 possède le plus grand pourcentage de récupération d'énergie mais la consommation avec récupération d'énergie est la cinquième plus faible alors que la consommation sans récupération d'énergie était la troisième plus forte.

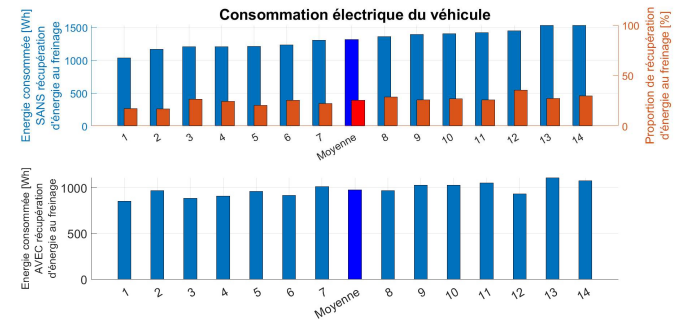


Fig. 4 Répartition de la consommation énergétique du cycle type pour différents usagers, par consommation totale croissante

3.1. Analyse temporelle des freinages mécanique et électrique entre usagers

A propos du freinage, le temps d'appui sur la pédale de frein représente, en moyenne sur les 14 cycles, 18% du temps de trajet où le véhicule est en mouvement. Cependant, le temps de ralentissement (accélération négative) représente 48% du temps de trajet où le véhicule est en mouvement. De ce fait, seulement 37% du temps de ralentissement concerne une demande de l'utilisateur, soit un appui sur la pédale de frein. Pour cette demande utilisateur, il faut ensuite considérer la répartition entre freinages électrique et mécanique.

La Figure 5 illustre la répartition temporelle de freinage moyenne sur les 14 cycles ainsi que deux profils conducteur retenus : la plus grande et la plus faible consommation par km

(profil de vitesse à la Fig. 3). Une des hypothèses pour expliquer une plus forte consommation d'un usager plutôt qu'un autre est une moins grande régénération d'énergie. Il pourrait donc être attendu que les freins mécaniques soient plus utilisés pour le profil à forte consommation. C'est pourtant le contraire par rapport au profil de faible consommation. Le profil le plus consommateur récupère deux fois plus d'énergie électrique que celui moins consommateur. Cela signifie que les profils de conduite et de consommation d'énergie sont plus complexes qu'une simple répartition d'effort de freinage.

Le constructeur annonce pour ce modèle une consommation kilométrique de 171 Wh/km sur le cycle WLTC mixte (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle). Les valeurs extrêmes de consommation kilométrique sont ici de 129 Wh/km et 160Wh/km. Les parcours différents ainsi que les vitesses maximales atteintes expliquent ces légères différences de consommation.

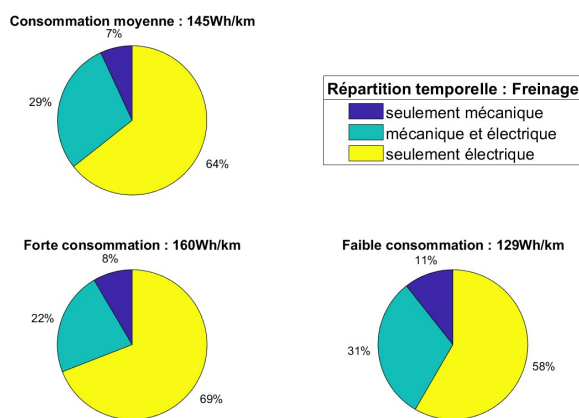


Fig. 5 Répartition temporelle de freinage lors de l'appui sur la pédale de frein sur un cycle de vitesse

3.2. Analyse des freinages appui pédale ou type frein moteur

Pour rappel, le freinage électrique lors d'un cycle peut être dû à l'appui de la pédale de frein ou à une reproduction du frein moteur d'un véhicule thermique. Ils seront désignés respectivement par « freinage appui pédale » et « freinage type frein moteur ». La Figure 6 illustre cette répartition avec le profil moyen des 14 essais enregistrés. Temporellement, le freinage type frein moteur représente une part importante du freinage électrique. Pourtant, énergétiquement, le freinage type frein moteur représente une plus faible part de l'énergie récupérée au total sur le cycle. L'objectif principal du freinage type frein moteur ne semble donc pas être la récupération énergétique. Etant donné que les passages de freinage type frein moteur sont souvent liés à des mouvements de la pédale d'accélération, l'objectif peut être d'améliorer l'expérience de conduite de l'usager. La récupération d'énergie au freinage est donc sujette à la manière de conduire de l'usager mais également à la stratégie de freinage propre au véhicule.

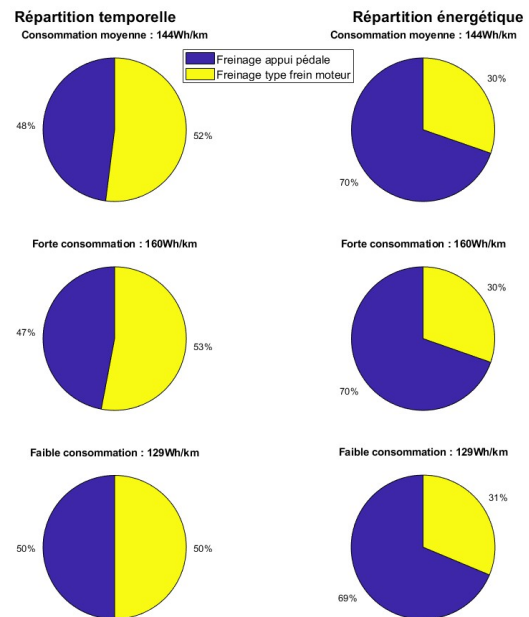


Fig. 6 Répartition en temps et en énergie du freinage électrique

3.3. Analyse pour un usager sur plusieurs essais sur un même cycle

Une fois la comparaison faite entre plusieurs conducteurs, une comparaison peut être faite entre différents essais enregistrés par un même usager. Afin de limiter au maximum les paramètres influents indésirables tels que l'effet du trafic ou les différences météorologiques, les essais ont tous été réalisés à la suite en heure creuse lors d'une journée du mois de mars. La Fig. 7 présente les consommations énergétiques mesurées lors de ces cycles ainsi que la proportion d'énergie récupérée au freinage. Les différentes énergies consommées varient faiblement.

Pour une analyse plus fine, les écarts-types pour l'énergie consommée sans récupération d'énergie au freinage et la proportion de récupération d'énergie au freinage sont calculés pour les 14 cycles pour chaque usager et pour 5 essais pour un même passager dans le Tableau 1. L'objectif est de déterminer si des profils de conducteur différents des uns des autres peuvent réellement être découpés parmi les usagers qui ont essayé le véhicule. Pour les 5 essais d'un même usager, les écarts-types sont bien plus faibles que pour ceux sur les 14 usagers différents. Dans ce cas, il est effectivement possible d'observer des profils de conduite différents.

Les conclusions ci-dessus sont faites sous l'hypothèse que l'influence des conditions de trafic (feux rouges, embouteillages) reste négligeable. Pour cela, les temps d'arrêt et les temps complets de cycles sont comparés pour un même utilisateur. Le temps complet de cycle est de 875s en moyenne pour un écart-type de 121s soit 14% du temps complet. Concernant les temps d'arrêt, ceux-ci représentent entre 3 à 22% du temps de cycle pour les 5 essais enregistrés. Ces deux valeurs extrêmes de 3 et 22% représentent donc la possibilité que le trafic affecte le temps de conduite du conducteur, même si l'énergie consommée par le conducteur peut rester assez stable sur ces 5 essais.

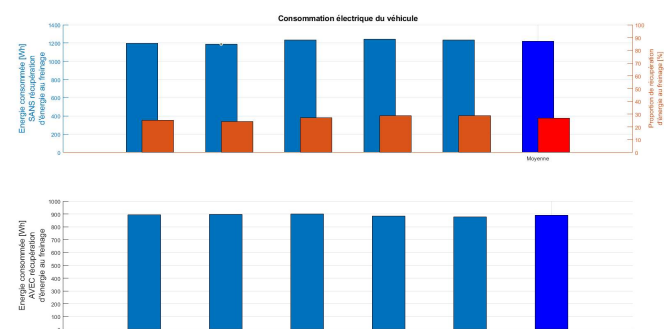


Fig. 7 Répartition de la consommation énergétique du cycle type pour le même usager, par ordre chronologique Tableau 1 Ecart-types pour l'énergie consommée sans récupération d'énergie au freinage et la proportion de récupération d'énergie au freinage pour les 14 cycles pour chaque usager.

	Ecart-type sur les 14 cycles	Ecart-type sur les 5 essais du même usager
Énergie consommée sans récupération d'énergie au freinage	11%	2%
Proportion de récupération d'énergie au freinage	19%	8%

4. CONCLUSION

Ce travail trouve son originalité dans l'exploitation directe d'un bus CAN de véhicule afin d'en exploiter les données récupérées. L'analyse des cycles souligne les différentes habitudes de conduite des usagers. Les essais retenus, 14 usagers sur un même parcours, soulignent les différences de consommation d'énergie électrique malgré des proportions de récupération d'énergie similaires. L'usage unique des freins mécaniques au cours du cycle devient négligeable temporellement par rapport au freinage électrique. Une modélisation de la force de retenue réalisée par les freins permettrait de quantifier énergétiquement la répartition de freinage et pourrait permettre une modélisation de véhicule afin de permettre une implémentation du stratégie réelle dans un modèle du véhicule. Les résultats ainsi présentés demeurent propres au parcours et au véhicule choisis. Les essais réalisés pour un seul usager montrent que l'influence du trafic reste pour l'instant difficilement quantifiable.

5. REMERCIEMENTS

Ce travail est financé par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie et la région Hauts-de-France. Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet TIM (Traction-braking Integrated with Modularity) du programme CUMIN au sein de la plateforme eV (électricité & Véhicules).

6. REFERENCES

- [1] A. Desreux, A. Bouscayrol, R. Trigui, E. Hittinger, E. Castex, G. M. Sirbu, "Accurate Energy Consumption for Comparison of Climate Change Impact of Thermal and Electric Vehicles", *Energy*, vol. 128, April 2023, ref 126637, doi: 10.1016/j.energy.2023.126637
- [2] Marcel Mathissen, Jaroslaw Grochowicz, Christian Schmidt, Rainer Vogt, Ferdinand H. Farwick zum Hagen, Tomasz Grabiec, Heinz Steven, Theodoros Grigoratos, "A novel real-world braking cycle for studying brake wear particle emissions", *Wear*, vol 414-415, 2018, p 219-226, ISSN 0043-1648, <https://doi.org/10.1016/j.wear.2018.07.020>.
- [3] M. Thévenot, J.-F. Brunel, F. Brunel, M. Briatte, Y. Desplanques, P. Dufrénoy, "Identification of particle emission mechanisms during dry friction with thermomechanical operando monitoring", *Wear*, 2025, 205974, ISSN 0043-1648, <https://doi.org/10.1016/j.wear.2025.205974>.
- [4] E. Davin, A.-L. Cristol, J.-F. Brunel, Y. Desplanques, "Wear mechanisms alteration at braking interface through atmosphere modification", *Wear*, vol 426-427, Part B, 2019, p 1094-1101, ISSN 0043-1648, <https://doi.org/10.1016/j.wear.2019.01.057>.
- [5] W. Österle, I. Dörfel, C. Prietzel, H. Roach, A.-L. Cristol-Bulthé, G. Degallaix, Y. Desplanques, "A comprehensive microscopic study of third body formation at the interface between a brake pad and brake disc during the final stage of a pin-on-disc test", *Wear*, vol 267, Issues 5-8, 2009, p 781-788, ISSN 0043-1648, <https://doi.org/10.1016/j.wear.2008.11.023>
- [6] G. Straffellini, S. Gialanella, "Airborne particulate matter from brake systems: An assessment of the relevant tribological formation mechanisms," *Wear*, 478-479, p. 203883. ISSN: 0043-1648, 2021. doi: 10.1016/j.wear.2021.203883.
- [7] Q. Zhang, J. Yin, T. Fang, Q. Guo, J. Sun, J. Peng, C. Zhong, L. Wu, H. Mao, "Regenerative braking system effectively reduces the formation of brake wear particles", *Journal of Hazardous Materials*, vol 465, 2024, 133350, ISSN 0304-3894, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.133350>.
- [8] C. Yang, T. Sun, W. Wang, Y. Li, Y. Zhang, and M. Zha, "Regenerative braking system development and perspectives for electric vehicles: An overview," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 198, p. 114389, 2024. doi: 10.1016/j.rser.2024.114389.
- [9] J. W. Jeong, J. Lee, J. Lee, J. Cha, and K. Lee, "Comparison of energy consumption between hybrid and electric vehicles under real-world driving conditions," *Journal of Power Sources*, vol. 618, p. 235190, 2024. doi: 10.1016/j.jpowsour.2024.235190G.
- [10] G. Lee, J. Song, J. Han, Y. Lim, S. Park, "Study on energy consumption characteristics of passenger electric vehicle according to the regenerative braking stages during real-world driving conditions," *Energy*, Volume 283, 2023, 128745, ISSN0360-5442, doi: 10.1016/j.energy.2023.128745.
- [11] A. Bouscayrol, E. Castex, P. Delarue, A. Desreux, O. Ferla, J. Froty, R. German, J. Klein, W. Lhomme, J.F. Sargent, "Campus of University with Mobility based on Innovation and carbon Neutral", *IEEE-VPPC'17*, Belfort (France), doi: 10.1109/VPPC.2017.8331039
- [12] L. Juncker, E. Castex, A. Bouscayrol, E. Masclef, "Assessing the social acceptance of electric vehicles on a campus of university", *IEEE-VPPC'24*, Washington DC (USA), October 2024.
- [13] D. Ramsey, A. Bouscayrol and L. Boulon, "Energy Consumption of a Battery Electric Vehicle in Winter Considering Preheating: Tradeoff Between Improved Performance and Total Energy Consumption," in *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 17, no. 3, pp. 104-112, Sept. 2022, doi: 10.1109/MVT.2022.3158043.