

Application sur un véhicule Citroën C1 hybridé

4.1 Objectifs

L'objectif est de déterminer pour un véhicule hybride donné, quelles sont les tailles et puissances des moteurs les mieux adaptées au suivi d'un cycle Européen. On parlera de taille optimale d'un composant lorsque celui-ci permettra de minimiser la consommation de carburant, tout en n'étant pas surdimensionné. Pour déterminer ces tailles, on calculera la commande optimale sur le cycle NEDC, qui nous donnera la consommation minimale sur ce cycle.

Le problème de commande optimale résolu dans ce chapitre, dont les résultats sont présentés ci-après, correspond au problème du type (1.2). La résolution utilisée fait appel à la programmation dynamique (voir section 3.3.5).

Le véhicule qui sert de base à cette étude est une Citroën C1, sur laquelle sont implantés des éléments de traction électrique. Ce véhicule n'existe pas dans la réalité, néanmoins il permettra d'évaluer l'influence – sur la consommation de carburant – d'un paramètre dimensionnant (capacité, puissance, etc.) d'un élément d'une architecture hybride.

Dans cette étude, nous considérons qu'un moteur électrique est disposé en aval de la transmission, en liaison directe avec les roues. Le moteur thermique, quant à lui, reste indirectement lié au train avant via une boîte de vitesses classique et un embrayage, comme sur un véhicule traditionnel. L'architecture considérée ici correspond donc à un hybride parallèle.

Avec cette configuration, la position du moteur électrique lui permet d'être indépendant du moteur thermique, ce qui autorise donc l'utilisation du moteur électrique seul comme source de puissance, le moteur thermique étant alors arrêté. D'autre part, le fait de placer le moteur électrique au niveau des roues (au rapport de réduction près) permet de profiter pleinement du freinage récupératif, tout en ne gardant qu'un seul embrayage comme sur les véhicules conventionnels.

Le modèle de référence utilisé pour l'optimisation de la consommation sur cycle doit reproduire aussi fidèlement que possible les "stabilisés" du cycle, i.e. les zones de fonctionnement où la vitesse du véhicule est constante. Ce sont en effet ces parties qui sont prépondérantes et qui constituent la part la plus importante de la consommation de carburant sur cycle.

Ce véhicule Citroën C1 hybridé possède les caractéristiques suivantes :

- la masse du véhicule est de 910 kg. Nous considérons la même masse pour le véhicule hybridé.
- le moteur thermique est un moteur essence de 1 litre de cylindrée.
- la boîte de vitesse est une boîte manuelle à 5 rapports.

4.2 Modèles utilisés pour l'optimisation hors-ligne

Les techniques utilisées pour résoudre le problème de l'optimisation hors-ligne nécessitent d'avoir des modèles dont le temps d'exécution soit faible. Aussi les modèles choisis, présentés par la suite, permettent de connaître les tendances d'évolution du gain en consommation lors de la variation d'une grandeur caractéristique de ces modèles.

4.2.1 Véhicule

Lors de l'optimisation de la répartition de couple d'un véhicule hybride sur cycle, le véhicule suit une consigne de vitesse en km/h, donnée en fonction du temps. Pour pouvoir suivre cette consigne, le véhicule doit fournir un couple aux roues, noté T_{rq} , tel que :

$$T_{rq}r_{roues} - \sum F_{res} = m\gamma, \quad (4.1)$$

où le couple T_{rq} correspond au couple aux roues nécessaire au véhicule pour suivre le cycle de vitesse, r_{roues} est le rayon des roues, $\sum F_{res}$ représente les forces qui s'appliquent au véhicule (aérodynamique, résistance au roulement, etc.), m représente la masse totale du véhicule, et γ est son accélération.

Pour un véhicule hybride, le couple T_{rq} peut être fourni par le moteur électrique, dont le couple est T_m , et par le moteur thermique dont le couple est T_e (e comme *engine*). Les différents rapports de réduction mènent à l'égalité suivante :

$$T_{rq}(t) = R_p R_b(t) T_e(t) + R_h T_m(t) + T_{bk}(t), \quad (4.2)$$

où les rapports $R_b(t)$, R_p , et R_h correspondent respectivement au rapport de boîte (défini par le conducteur), rapport de pont (caractéristique du véhicule) et au rapport de réduction entre les roues et l'axe du moteur électrique. Le couple T_{bk} correspond au couple de freinage, quand le véhicule doit être ralenti.

4.2.2 Batterie

Pour le cas de référence à partir duquel on effectuera des variations paramétriques sur les éléments de l'architecture hybride, la batterie possède :

- Une énergie spécifique, correspondant à la capacité de la batterie. Pour notre véhicule, on considère une batterie de capacité identique à celle de la Prius, c'est à dire 1,3 kW/h.
- Une puissance spécifique, correspondant à un courant maximal que peut débiter la batterie, sous une tension donnée. En ce qui concerne cette batterie, nous considérons la puissance spécifique de la Prius (2^{de} génération) qui possède une puissance spécifique de 1300W/kg. La tension de fonctionnement se situe à 300V.

L'état de charge de la batterie, notée x dans la suite, est une image de la quantité d'énergie présente dans la batterie. On peut raisonnablement écrire :

$$x(t) = \frac{Q(t)}{Q_0}, \quad (4.3)$$

$Q(t)$ représentant la charge de la batterie, et Q_0 la capacité de la batterie. L'état de charge x varie ici entre 0 et 1.

Comme on considère de faibles variations d'état de charge, on représente la batterie par une capacité, en négligeant de plus la résistance interne de la batterie. On considère par ailleurs que la tension à ses bornes est constante, i.e. $U_c(t) = U_c$. À partir de l'équation régissant l'évolution de la charge aux bornes d'une capacité

4.2 Modèles utilisés pour l'optimisation hors-ligne

$$I_c(t) = -\frac{dQ(t)}{dt}, \quad (4.4)$$

$I_c(t)$ étant le courant absorbé (ou fournit) par le convertisseur, on obtient :

$$x(t) = -\frac{1}{Q_0} \int_0^t I_c(\tau) d\tau. \quad (4.5)$$

A partir de l'expression (4.8), le courant s'exprime par

$$I_c(t) = \frac{\omega_m(t) T_m(t)}{\eta_m U_c}. \quad (4.6)$$

L'équation (4.5) s'écrit à nouveau

$$\dot{x}(t) = -\frac{\omega_m(t) T_m(t)}{Q_0 U_c}.$$

soit

$$\dot{x}(t) = -K \omega_m(t) T_m(t), \quad (4.7)$$

avec $K = -\frac{1}{Q_0 U_c}$.

4.2.3 Moteur électrique et convertisseur

Au premier ordre, le moteur électrique peut être représenté par un élément transformant de manière instantané le courant absorbé en un couple (et inversement). Le rendement du moteur est exprimé en fonction du régime de rotation ω_m et du courant I_c . Le couple du moteur électrique T_m s'écrit alors

$$T_m(t) = \eta_m(\omega_m, I_c) \frac{U_c(t) I_c(t)}{\omega_m(t)}, \quad (4.8)$$

où U_c correspond à la tension aux bornes du convertisseur relié au moteur électrique, I_m est le courant absorbé (ou fournit) par le convertisseur, et η_m est le rendement du moteur électrique.

On considère dans cette étude que le moteur électrique possède une efficacité constante de 0,85. C'est en partie cette donnée qui conditionnera l'intérêt – ou non – d'utiliser successivement le moteur thermique pour régénérer la batterie, puis le moteur électrique pour réduire le couple du moteur thermique. Si cette hypothèse peut manquer de réalisme, elle permet de bien découpler les phénomènes, et d'analyser plus facilement les résultats.

4.2.4 Moteur thermique.

Le moteur thermique est caractérisé par son couple T_e , son régime ω_e , et sa consommation instantanée L [Heywood, 1988]. On considère que le temps de réponse du moteur est instantané. La consommation de carburant est modélisée par une cartographie donnant la consommation en fonction du régime ω_e (tr/min) et du couple délivré T_e (en Nm). La consommation du moteur thermique s'écrit L , et s'exprime en (g/s).

La Figure 4.1 représente la consommation spécifique du moteur de la Citroën C1, qui est une image du rendement global du moteur. Sur cette figure apparaissent clairement les zones de meilleure efficacité, qui correspondent aux zones où la consommation spécifique est la plus faible.

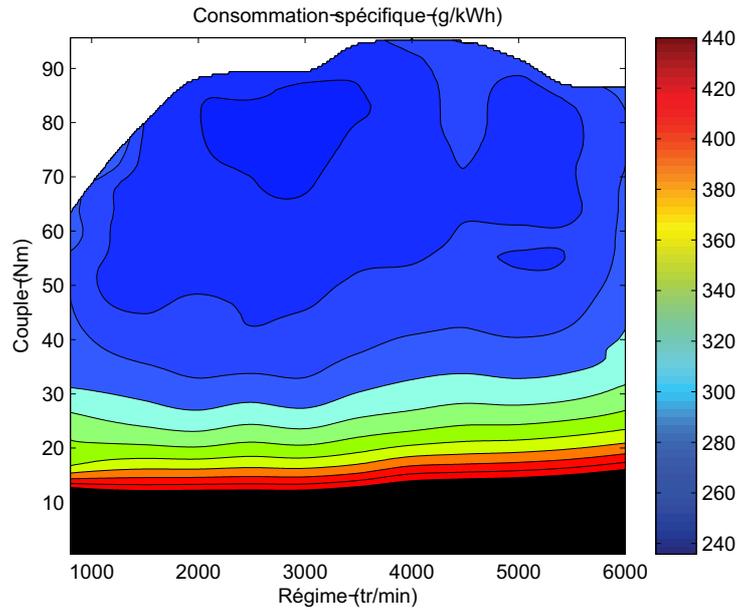


FIG. 4.1: Représentation de la consommation spécifique du moteur thermique de la Citroën C1

D'autre part, le couple du moteur est limité par un couple maximal T_e^{\max} , dépendant du régime ω_e , représenté par une cartographie. La Figure 4.2 représente l'allure du couple maximal T_e^{\max} en fonction du régime ω_e .

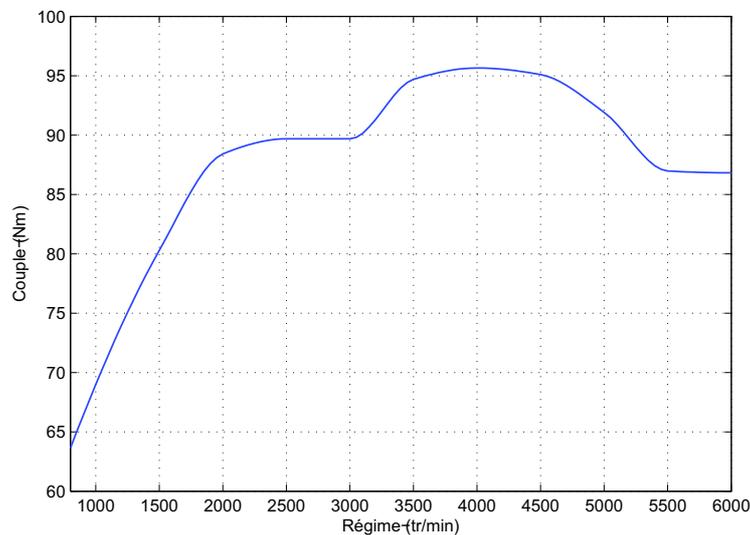


FIG. 4.2: Représentation du couple maximal T_e^{\max} en fonction du régime ω_e

4.3 Critères et variables d'optimisation

Le critère à minimiser reste identique au précédent : on souhaite trouver le minimum de la consommation de carburant sur un cycle prédéfini à l'avance. Pour cette étude, le cycle NEDC s'impose natu-

4.4 Impact des fonctionnalités de l'architecture.

rellement, étant celui qui sert de référence pour le suivi des normes actuelles Euro 4 pour les véhicules neufs.

Lorsque l'on souhaite définir certaines caractéristiques d'un véhicule hybride, plusieurs composants peuvent être définis directement par le constructeur. Modifier certaines grandeurs caractéristiques de ces composants aura de multiples impacts, qui permettent expliquer la variation de consommation :

- T_m^{\max} : la puissance maximale du moteur électrique (à régime donné). Cette valeur in'ue à différents niveaux, mais aura uniquement une in' uence sur les contraintes sur la commande u :
 - a La capacité du véhicule à passer en mode purement électrique, i.e. à couper le moteur thermique. Cela dépend directement du couple maximal que peut fournir le moteur électrique pour assurer un suivi de la vitesse de consigne.
 - b La possibilité de réduire le couple du moteur thermique pour passer sur des points de meilleure efficacité.
 - c L'énergie récupérable lors d'un freinage, ou lors d'une régénération avec le moteur thermique.
- La capacité de la batterie. Si celle-ci est faible, les contraintes de bornes sur l'état de charge seront souvent actives, réduisant les possibilités de réduction de consommation.

On définit pour le problème d'optimisation étudié les commandes suivantes :

1. Le facteur de répartition u , représentant la répartition de couple entre le moteur électrique et le moteur thermique. Il relie le couple de consigne T_{rq} aux couples des moteurs thermique T_e et électrique T_m via les relations suivantes :

$$\begin{cases} T_e(t) &= \frac{1}{R_p R_b(t)} u(t) T_{rq}(t) \\ T_m(t) &= \frac{1}{R_h} (1 - u(t)) T_{rq}(t), \end{cases} \quad (4.9)$$

2. La commande marche / arrêt du moteur thermique : v , qui permet de commander l'état du moteur thermique noté r , dont les valeurs admissibles sont 0 et 1, correspondant respectivement à *arrêt moteur thermique* et *démarrage moteur thermique*.

Ces commandes correspondent à celles qui ont été déjà définies dans le problème discrétisé et utilisées via la programmation dynamique (voir section 3.3.5).

4.4 Impact des fonctionnalités de l'architecture.

4.4.1 Véhicule conventionnel

Le véhicule conventionnel est uniquement équipé d'un moteur thermique classique fonctionnant à l'essence. Celui-ci est donc utilisé pour le suivi du cycle en accélération et en vitesse stabilisée, le dispositif de freinage mécanique se chargeant de ralentir le véhicule durant les phases de freinage.

La consommation du véhicule conventionnel sur le cycle NEDC, calculée avec notre modèle, est de 4,11 l/100 km. La Figure 4.3 montre les points de fonctionnement du moteur thermique sur le cycle NEDC, superposés à sa consommation spécifique.

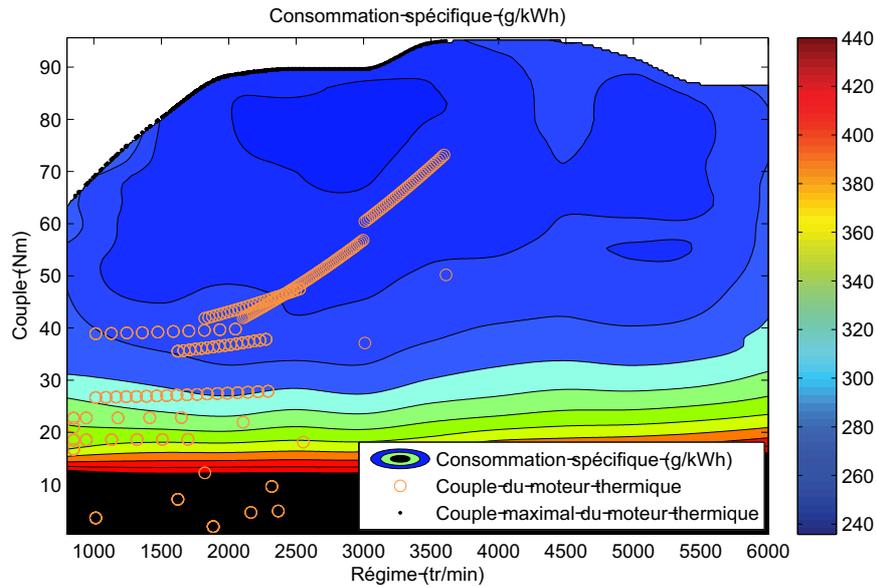


FIG. 4.3: Points de fonctionnement (régime/couple) du moteur thermique sur le cycle NEDC superposés à la consommation spécifique.

L'indice de couleur est une image de l'efficacité : la couleur marron indique les zones de faible rendement, tandis que la couleur bleue foncée indique les zones de meilleur rendement (où la consommation spécifique est la plus faible). On peut remarquer que les points de fonctionnement du moteur thermique sont situés dans une zone de faible régime et faible couple, correspondant au quatre cycles ECE15, ainsi que dans une zone de régime et de couple plus élevés, correspondant à la partie EUDC du cycle NEDC. Les points de fonctionnement du moteur durant les cycles ECE15 sont particulièrement défavorables d'un point de vue énergétique, le rendement du moteur thermique étant faible. D'autre part, on peut remarquer que peu de points se trouvent dans la zone de bon rendement.

Remarque 4.4.1. Peu de points (cercles orange) apparaissent sur la Figure 4.3 : les points sont en fait superposés. Cela est dû au cycle qui comporte des portions identiques répétées plusieurs fois, et au calcul du couple nécessaire au suivi de la vitesse de consigne. Le modèle ne comportant pas de modélisation du conducteur (c'est un modèle backward), le cycle est parfaitement suivi, ce qui explique que les portions du cycle qui sont identiques donnent lieu exactement aux mêmes points de fonctionnement du moteur thermique.

4.4.2 Résultats sur le cas de référence

Le cas de référence correspond au véhicule conventionnel, équipé en plus d'un moteur électrique de 10kW, et d'une batterie de 1,3 kWh. Le moteur électrique se trouve en aval de la transmission, permettant à celui-ci d'assurer seul la traction du véhicule, le moteur thermique étant alors éteint. Sur cette application, un démarreur suffisamment puissant permet d'entraîner rapidement le moteur thermique pour pouvoir faire du Stop-and-Start. On considère que, pour ce véhicule hybride, le poids global est identique à celui du véhicule conventionnel. L'optimisation est réalisée sur le cycle NEDC dans un premier temps, à l'aide de la programmation dynamique. La consommation de ce véhicule hybride, après optimisation, est de 2,9 l/100 km, ce qui correspond à un gain de 29,4 %.

Les résultats obtenus sont présentés sur la Figure 4.4.

4.4 Impact des fonctionnalités de l'architecture.

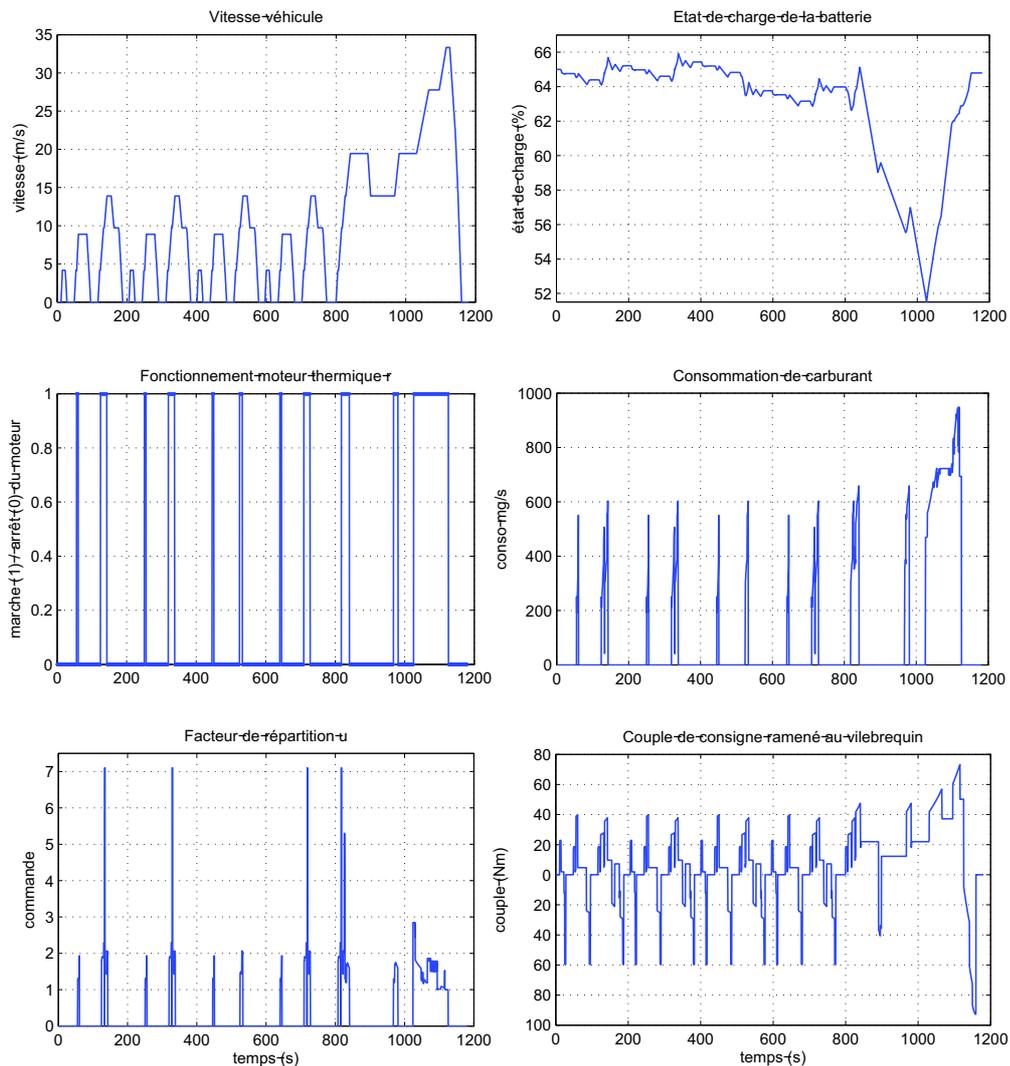


FIG. 4.4: Couples, vitesses et consommation de carburant pour le cas de référence de la C1 sur le cycle NEDC.

On remarque que le moteur thermique n'est utilisé que lors des accélérations, lorsque le couple de consigne est assez élevé. D'autre part, lorsqu'il est utilisé, son couple est souvent supérieur au couple de consigne, afin de recharger la batterie grâce au moteur électrique. L'état de charge décroît notablement entre $t = 800$ s et $t = 1000$ s, à cause d'une utilisation importante du moteur électrique, puis augmente durant le freinage récupératif.

Remarque 4.4.2. *Le facteur de répartition de couple entre les deux moteurs, correspondant à la commande u , n'a de sens que lorsque le moteur thermique est allumé. Dans le cas où celui-ci est éteint, $u = 0$ par défaut.*

La Figure 4.5 montre le déplacement des points de fonctionnement du moteur thermique sur le cycle NEDC. Une partie de ceux-ci se sont déplacés vers les zones de meilleurs rendements, tandis que les autres sont ramenés à zéro, le moteur étant alors éteint.

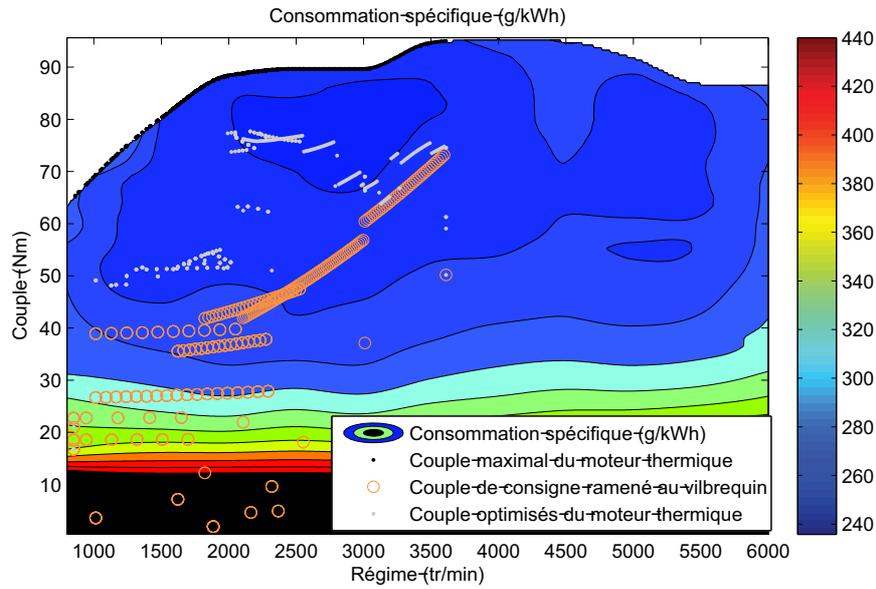


FIG. 4.5: Points de fonctionnement (régime/couple) du moteur thermique en mode conventionnel et en mode hybride sur le cycle NEDC superposés à la consommation spécifique.

Il est intéressant d'étudier plus en détail les résultats des 200 premières secondes du cycle, Figure 4.6.

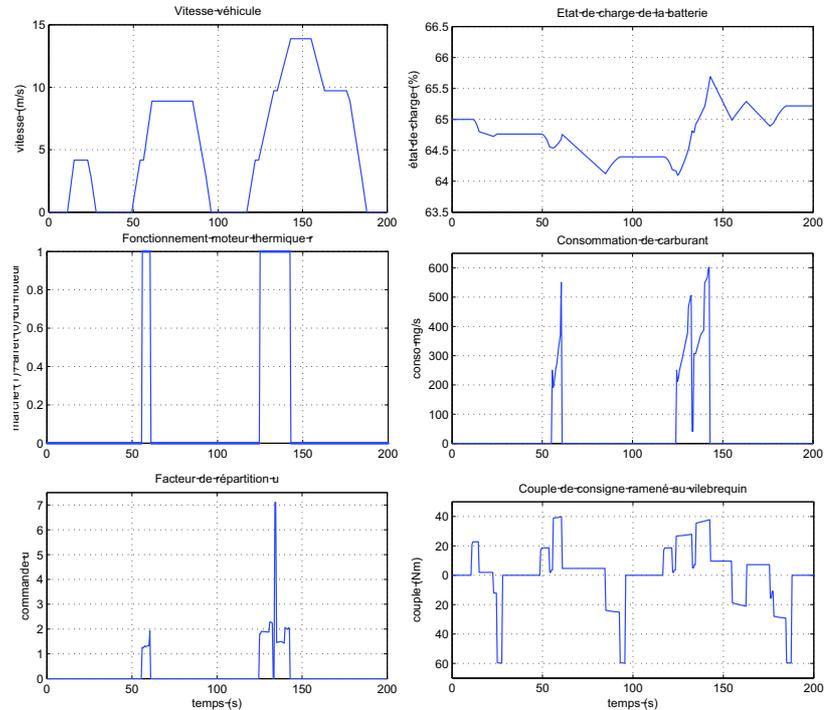


FIG. 4.6: Couples, vitesses et consommation de carburant pour le cas de référence de la C1 sur le cycle NEDC (zoom sur les 200 premières secondes du cycle).

Le moteur thermique n'est utilisé que durant la deuxième et la troisième accélération, lorsque celles-

4.4 Impact des fonctionnalités de l'architecture.

ci lui permettent de fonctionner à un bon rendement. D'autre part, durant ces phases de fonctionnement, $u \geq 1$ ce qui indique qu'une partie du couple du moteur thermique est utilisée pour la recharge de la batterie durant le mode régénération. Lors de ces phases de régénération de la batterie, il n'est pas toujours possible – ou optimal – d'avoir un fonctionnement du moteur thermique à rendement maximum, pour plusieurs raisons :

- si le moteur électrique a déjà atteint son couple minimal, alors le couple du moteur thermique ne peut plus être augmenté davantage, et le point de rendement maximal ne peut être atteint.
- le fonctionnement en régénération permet de récupérer une énergie supplémentaire. Cette énergie supplémentaire doit pouvoir être utilisée intelligemment dans le but de réduire la consommation.
- la contrainte sur l'état final doit toujours être vérifiée, même si il est évident qu'il ne serait pas valable d'un point de vue énergétique d'avoir un état de charge final bien supérieur à l'état de charge initial.

l'énergie supplémentaire récupérée lors du fonctionnement en régénération permet de récupérer une énergie supplémentaire. Cette énergie supplémentaire doit pouvoir être utilisée intelligemment dans le but de réduire la consommation.

4.4.3 Résultats d'une hybridation partielle

On suppose maintenant que l'architecture est de type micro-hybride, ce qui implique que le moteur électrique ne peut assurer seul la demande de couple du conducteur. Le mode purement électrique est donc interdit. En revanche, le Stop-and-Start reste autorisé lorsque la vitesse du véhicule est nulle. Le moteur électrique pourra tout aussi être utilisé pour de l'assistance, ou pour de la régénération, moteur thermique allumé.

La consommation de carburant optimale de ce véhicule micro-hybride s'élève à 3,40 l/100km, ce qui revient à un gain de 17,4% comparé au véhicule conventionnel. L'interdiction de couper le moteur thermique explique la réduction importante du gain attendu (de 29,4 % à 17,4 %). Néanmoins, ce résultat reste intéressant, le prix de cette solution technique étant peu élevé. La Figure 4.7 montre le comportement optimal du véhicule lors des 200 premières secondes du cycle NEDC.

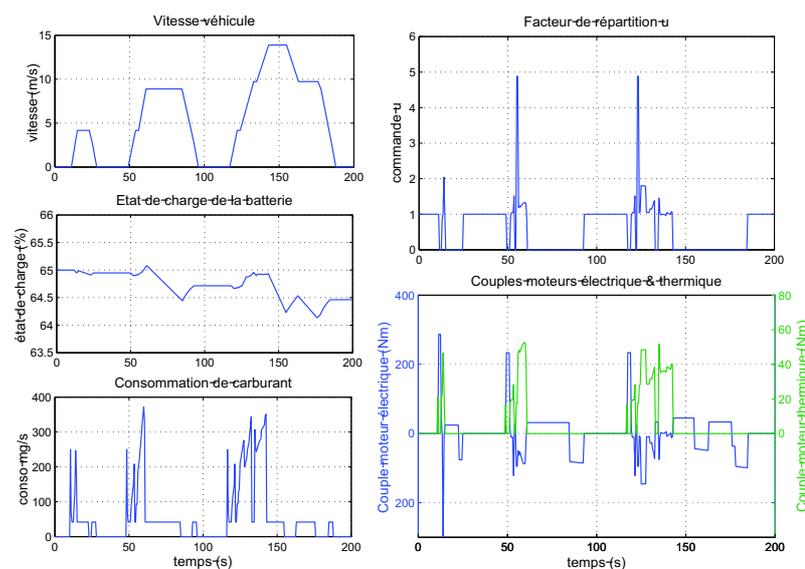


FIG. 4.7: Couples, vitesses et consommation de carburant pour le cas de référence de la C1, sans mode électrique pur, sur le cycle NEDC.

On constate, par exemple entre $t = 65$ s et $t = 90$ s, qu'il reste plus intéressant de maintenir le moteur thermique allumé sans qu'il produise de couple, même si celui-ci consomme du carburant, que de l'utiliser pour fournir le couple avec un rendement faible.

4.4.4 Résultats d'une hybridation partielle et sans Stop-and-Start

Lorsque le moteur électrique est situé au niveau des roues, on peut imaginer que le véhicule ne comportera pas forcément un système, destiné à faire du Stop-and-Start. Aussi, le véhicule correspondrait ici davantage à un véhicule conventionnel, auquel est greffé un système capable de fournir un peu d'énergie, ou d'en récupérer une partie lors des freinage ou des phases de régénération.

La consommation du véhicule, sur lequel le moteur électrique ne ferait que de l'assistance et de la récupération d'énergie s'élève à 3,64 l/100 km. Cette consommation correspond à un gain de 11,5 % par rapport au véhicule conventionnel.

Même si cette architecture ne demanderait que peu de modifications au niveau du train moteur (ajout de moteurs électriques dans les roues), cette architecture seule ne présente que peu d'intérêt, étant donné le faible gain à attendre.

4.4.5 Impact de la récupération au freinage

En interdisant la récupération au freinage pour le cas précédent, correspondant alors à une hybridation partielle sans utilisation du Stop-and-Start, la consommation est de 3,87 l/100 km, ce qui correspond à un gain de 6 % sur le cycle NEDC, soit une perte de 5,5 % par rapport au cas où le freinage récupératif est autorisé. On constate le même ordre de grandeur en interdisant le freinage récupératif dans le cas de l'hybride parallèle, présenté en section 4.4.2 : on passe de 29,4 % à 23,3 % de gain en consommation de carburant.

La récupération au freinage participe donc à la réduction de la consommation à hauteur de 5,5 à 6 % sur le cycle NEDC pour le véhicule de type C1. Ce n'est donc pas l'énergie gratuite récupérée lors d'un freinage récupératif qui permet de diminuer significativement la consommation de carburant, mais bien la capacité du véhicule à couper son moteur thermique, que ce soit à l'arrêt, ou en phase de vitesse non nulle.

4.5 Impact de la taille des éléments

4.5.1 Impact de la puissance du moteur électrique sur la consommation

Le moteur électrique peut être utilisé pour différentes fonctions : (i) freiner le véhicule lors d'un freinage récupératif, (ii) assister le moteur thermique lors d'une demande de couple, (iii) régénérer la batterie en demandant un surplus de couple au moteur thermique, (iv) assurer seul la traction du véhicule, le moteur thermique étant alors éteint.

Selon la puissance maximale et minimale du moteur électrique, certaines de ces fonctions seront soit dégradées (limitations des couples d'assistance et de régénération à cause des contraintes), soit impossibles (couple insuffisant dans le cas du mode purement électrique).

Pour mesurer l'impact de la puissance du moteur électrique, on se place à chaque fois dans le cas de référence, pour lequel seul la puissance du moteur électrique varie. On néglige ici le poids du moteur électrique, et son impact sur le poids global du véhicule, qui reste néanmoins faible.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 4.1.

4.5 Impact de la taille des éléments

TAB. 4.1: Etude de l'impact de la puissance maximale du moteur électrique

	Consommation (l/100km)	Gain (%)
Véhicule conventionnel	4,12	
HEV Moteur P = 3 kW	3,09	25 %
HEV Moteur P = 5 kW	3,00	27,0 %
HEV Moteur P = 7,5 kW	2,98	27,6 %
HEV Moteur P = 10 kW	2,90	29,4 %
HEV Moteur P = 15 kW	2,90	29,4 %
HEV Moteur P = 20 kW	2,90	29,4 %

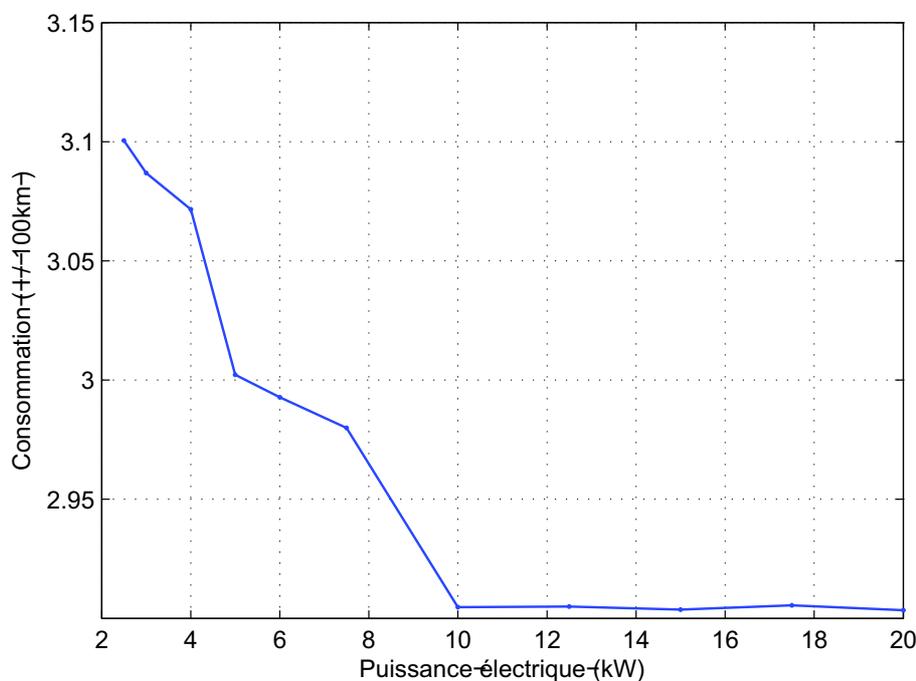


FIG. 4.8: Consommation de carburant en fonction de la puissance du moteur électrique.

4.5.2 Impact de la variation de la capacité de la batterie

L'énergie aux bornes d'une batterie s'écrit

$$E = \frac{1}{2}CU^2 \quad (4.10)$$

Aussi, pour une tension identique, la capacité de la batterie représente directement l'énergie disponible et utilisable par le moteur électrique. Selon l'architecture du véhicule hybride, le moteur électrique pourra être utilisé seul pour la traction du véhicule, i.e. en fonctionnement purement électrique, le moteur thermique étant éteint; celui-ci pourra aussi être simplement utilisé pour de l'assistance au moteur thermique, la puissance électrique nécessaire étant alors moins grande.

Il est intéressant de connaître quelle est la variation de la consommation avec la capacité de la batterie, sans tenir compte de son poids, car cela permet d'isoler les phénomènes qui apparaissent lors de la variation simultanée de plusieurs paramètres (capacité et poids du véhicule).

En accord avec le type du modèle utilisé, comme la dynamique de la batterie \dot{x} ne dépend pas de x , ainsi évidemment que la consommation de carburant, on peut affirmer le résultat suivant : la variation d'état de charge Δx consécutive à une commande donnée ne dépend pas de l'état de charge auquel on se trouve. En conséquence, tant que l'état de charge de la batterie x ne vient pas toucher ses bornes x_{\min} et x_{\max} , la consommation de carburant reste la même. Il est donc évident qu'une batterie de taille trop importante est inutile pour un cycle donné, et de plus coûte cher.

Les résultats suivants ont été obtenus sur cycle NEDC, et correspondent à la consommation de carburant optimale pour une capacité de batterie définie.

On remarque comme attendu qu'au delà d'une certaine capacité de batterie, celle-ci n'a plus d'influence sur la valeur de la consommation de carburant. En traçant l'évolution de l'état de charge pour les différentes capacités de batterie, on peut observer la relation liant la présence de contraintes d'états activées et leur nombre, avec la valeur de la consommation de carburant.

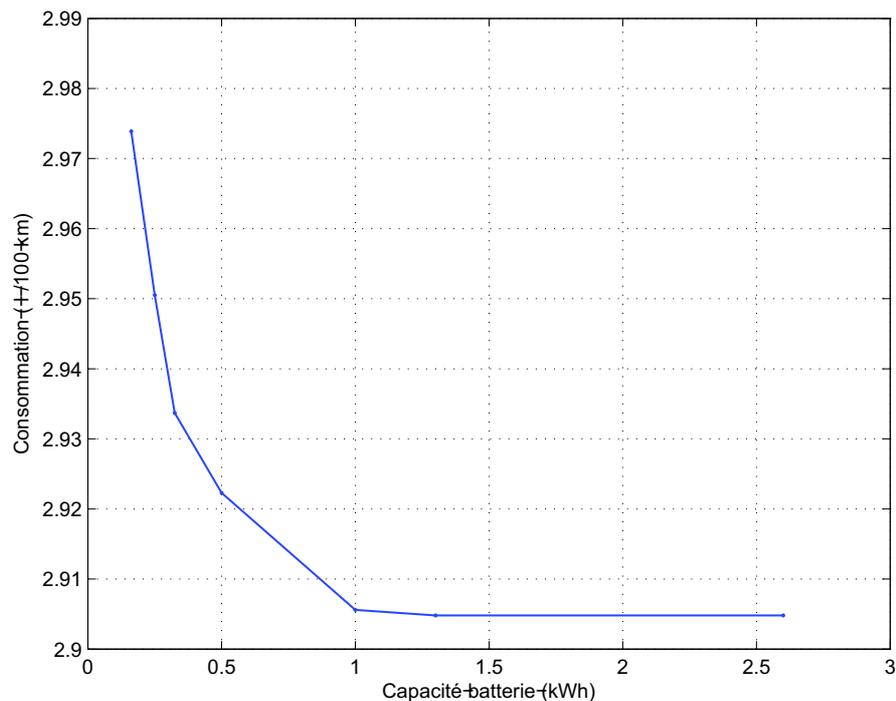


FIG. 4.9: Consommation de carburant en fonction de la taille de la batterie sur cycle NEDC pour le véhicule de référence.

4.6 Conclusion

Dans ce chapitre ont été présentées quelques applications d'une méthode numérique applicable au problème de l'optimisation de la répartition de puissance du véhicule hybride.

Pour ce type de problème, la programmation dynamique est bien adaptée, puisqu'elle permet de prendre facilement en compte les contraintes sur la commande, ainsi que les contraintes de bornes sur

4.6 Conclusion

l'état. Un second état a été introduit, permettant de prendre en compte l'état du moteur thermique, et la surconsommation que produit un démarrage de celui-ci. Il est aussi possible de considérer cette surconsommation comme une pénalisation destinée à restreindre le nombre d'arrêts du moteur thermique aux seuls cas qui se trouvent être vraiment favorables.

L'algorithme de programmation dynamique, a donné lieu à l'IFP à un outil de qualification de chaîne de traction pour véhicule hybride. Cet outil nous a permis de quantifier le gain maximum (dans le sens de lois optimales grâce à un futur connu) que l'on peut obtenir sur le véhicule C1 hybridé sur cycle NEDC, selon la taille des éléments constitutifs d'une architecture hybride. On remarque particulièrement, pour ce type de véhicule sur cycle NEDC :

- La commande optimale consiste à proscrire le fonctionnement du moteur thermique dans les zones de faible couple, et de privilégier une traction uniquement par moteur électrique. Ce comportement, en plus d'être optimal d'un point de vue énergétique, est particulièrement intéressant dans les zones urbaines où le moteur thermique pourra être coupé.
- L'architecture micro-hybride offre un gain moitié moindre que l'architecture parallèle, à cause de l'interdiction de couper le moteur thermique à vitesse non nulle.
- Le Stop-and-Start est une solution intéressante, et à moindre coût, pour réduire la consommation de carburant. C'est aussi la raison pour laquelle les constructeurs annoncent l'apparition prochaine de nombreux véhicules équipés de cette fonction.
- L'optimisation des paramètres de dimensionnement tend à montrer qu'un moteur électrique de 10 kW associé à une batterie de 1 kWh est optimal sur ce véhicule, et sur le cycle NEDC. Cette conclusion est une indication intéressante pour le constructeur, néanmoins il s'agira de considérer aussi la clientèle à qui ce véhicule est destiné.