

Objectif du BE

La connaissance du profil de mission d'un véhicule (vitesse véhicule et rapport engagé, pente du parcours, masse embarquée) permet de remonter aux points de fonctionnement moteur utilisés. Cette étape autorise, par la suite, d'évaluer des grandeurs macroscopiques (consommation en carburant, émissions de polluants, etc.) ou de servir de donnée d'entrée à d'autres activités. Ce calcul est donc un incontournable dans le développement d'un moteur afin d'assurer un dimensionnement correct de tous les composants et une bonne adéquation entre la mise au point du moteur et les objectifs de performances. **L'objectif de ce BE est de réaliser cette étape sur un profil de mission donné.** En complément, le gain potentiel apporté par une électrification permettant de récupérer l'énergie perdue en décélération sera évalué.

Moyens nécessaires

Un fichier, fourni, contient les données du cycle de roulage en fonction du temps du cycle d'homologation WLTC :

- t [s] : temps
- v_{veh} [km/h] : véhicule
- $pente$ [°] : pente de la route, en degrés
- $rapport$ [-] : rapport de boîte engagé
- q_{carb} [mg/cp] : débit de carburant (mg/cp : milligrammes par coup, masse de carburant injectée par cylindre pour 1 cycle thermodynamique)

Tous les calculs peuvent être réalisés au moyen d'un tableur standard ; l'outil à utiliser n'est cependant pas imposé, n'importe lequel peut être utilisé.

Attendus

Un rapport contenant les résultats et vos commentaires (les formules ne sont pas à détailler) est à réaliser et à rendre pour le **vendredi 11 mars 2022**. Il servira d'évaluation du module et devra contenir :

- les formules de calcul utilisées, en précisant les unités
- le tracé temporel de toutes les grandeurs demandées sur tout le profil de mission
- les valeurs globales demandées sur l'ensemble du profil de mission

Les unités à privilégier pour l'expression des résultats sont les **unités usuelles des différentes grandeurs** comme détaillées dans le cours.

Le (ou les) fichier de calcul est à joindre au rapport. Il ne sera pas corrigé mais pourra aider à la compréhension du raisonnement.

Notation

Les réponses à chaque question dépendant globalement des réponses obtenues précédemment, une erreur sur une question entraîne des résultats faux dans toute la suite du BE. Pour ne pas pénaliser sur tout le BE une erreur ponctuelle, les points seront attribués même si le résultat numérique est faux à condition que le raisonnement reste bon et que les résultats restent cohérents tous ensemble.

Données

Véhicule		
MVODM (masse à vide en ordre de mission)	M_veh [kg]	1420
SCx	SCx [m2]	0.712
Coefficient de résistance au roulement des pneus	Crr [kg/t]	6.2
Rayon de roue	R_roue [m]	0.3067

Transmission – Moteur		
Force résistante mécanique	F_meca [N]	50
Inertie des masses en rotation	I [kg.m2]	0.16
Rendement de transmission	rend_trans [-]	0.8
Régime de ralenti	N_ralenti [tr/min]	850

Boîte de vitesse		
V1000 1 ^{ère}	V1000_1 [km/h/(1000tr/min)]	8.71
V1000 2 ^{ème}	V1000_2 [km/h/(1000tr/min)]	14.91
V1000 3 ^{ème}	V1000_3 [km/h/(1000tr/min)]	23.30
V1000 4 ^{ème}	V1000_4 [km/h/(1000tr/min)]	33.29
V1000 5 ^{ème}	V1000_5 [km/h/(1000tr/min)]	44.36
V1000 6 ^{ème}	V1000_6 [km/h/(1000tr/min)]	57.96

Autres		
Constance de gravitation	g [m.s-2]	9.81
Densité de l'air	rho_air [kg/m3]	1.2
Pouvoir calorifique du carburant	PCI [MJ/kg]	42.72
Densité du carburant	rho_carb [kg/m3]	834
Fraction molaire d'hydrogène du carburant	Y [-]	2.052
Masse molaire de l'hydrogène	M_H [g/mol]	1
Masse molaire du carbone	M_C [g/mol]	12
Masse molaire de l'oxygène	M_O [g/mol]	16
Nombre de cylindres du moteur	n_cyl [-]	4

Pleine charge	
N [tr/min]	C [N.m]
750	100
1000	122
1250	175
1500	236
1750	265
2000	274
2250	273
2500	272
2750	262
3000	253
3250	223
3500	221
3750	216
4000	210
4250	199
4500	166
4750	137
5000	125

1. Calcul du régime moteur

- 1.1. Pour chacun des 6 rapports de transmission, calculer le rapport des régimes de rotation moteur/roue $r_{\text{moteur_roue}}$ [-] (→ valeurs globales).
- 1.2. En déduire sur tout le profil de mission le régime de rotation du moteur N_{mot} [tr/min] en tenant compte du régime de ralenti : le régime moteur ne peut pas être inférieur au régime de ralenti (→ tracé temporel).

2. Calcul des efforts résistifs

- 2.1. Calculer sur tout le profil de mission les 4 efforts résistifs F_{pente} [N], F_{aero} [N], F_{rr} [N], F_{meca} [N] (→ tracés temporels). A noter : lorsque la vitesse est nulle, alors F_{rr} et F_{meca} sont nulles.
- 2.2. En déduire l'effort résistif total F_{resistif} [N] (→ tracé temporel).

3. Calcul des masses

- 3.1. Calculer sur tout le profil de mission la masse équivalente des inerties en rotation M_{eq} [kg] (→ tracé temporel).
- 3.2. En déduire la masse totale à entraîner M [kg] (→ tracé temporel).

4. Calcul de l'effort total

- 4.1. Calculer sur tout le profil de mission l'accélération du véhicule a [m.s⁻²] (→ tracé temporel). Le schéma de dérivation à utiliser est le suivant : $dX/dt(t) = (X(t)-X(t-1))/dt$.
- 4.2. En déduire l'effort total associé F_{tot} [N] (→ tracé temporel).

5. Calcul du couple effectif moteur

- 5.1. Calculer sur tout le profil de mission le besoin en effort de traction F_{traction} [N] (→ tracé temporel).
- 5.2. En déduire le couple nécessaire à la roue C_{roue} [N.m] (→ tracé temporel).
- 5.3. En déduire le couple effectif moteur nécessaire C_{mot} [N.m] (→ tracé temporel).
- 5.4. En déduire la puissance effective moteur $P_{\text{e_mot}}$ [kW] et la puissance de traction P_{traction} [kW] (→ tracés temporels).

6. Calcul du rendement effectif, de la consommation et du CO2

- 6.1. Calculer sur tout le profil de mission le débit de carburant q_{carb} [mg/s] (→ tracé temporel).
- 6.2. En déduire la puissance chimique introduite sous forme de carburant P_{carb} [kW] (→ tracé temporel).
- 6.3. En déduire le rendement effectif du moteur $rend_e$ [-].
- 6.4. Calculer la consommation en carburant sur ce cycle C [L/100km] (→ valeur globale).
- 6.5. Calculer l'énergie introduite sous forme de carburant E_{carb} [kW.h] (→ valeur globale).
- 6.6. Calculer l'émission de CO2 du véhicule sur ce cycle CO_2 [g/km] (→ valeur globale).

7. Evaluation de l'adaptation moteur/véhicule/boite sur ce cycle

- 7.1. Représenter les points de fonctionnement moteur utilisés dans le plan régime / couple, en positionnant la courbe de pleine charge.
- 7.2. Conclure.

8. Evaluation du potentiel de récupération d'énergie à la décélération

- 8.1. Calculer sur tout le profil de mission la puissance de traction lorsque l'effort de traction est positif (demande de couple positif du conducteur) $P_{traction_ap}$ [kW] et la puissance de traction lorsque l'effort de traction est négatif (demande de couple négatif du conducteur) $P_{traction_an}$ [kW] (→ tracés temporels).
- 8.2. En déduire l'énergie de traction lorsque le conducteur demande un couple positif $E_{traction_ap}$ [kW.h] et lorsque le conducteur demande un couple négatif $E_{traction_an}$ [kW.h] (→ valeurs globales).
- 8.3. En supposant un rendement global de conversion de l'énergie mécanique vers électrique, de stockage et de restitution à la roue de 80%, calculer l'énergie disponible à la roue $E_{traction_elec}$ [kW.h] si l'intégralité de l'énergie de traction lorsque le conducteur demande un couple négatif $E_{traction_an}$ est récupérée (→ valeur globale).
- 8.4. En déduire l'énergie de traction restant à fournir par le moteur thermique $E_{traction_therm}$ [kW.h] (→ valeur globale).
- 8.5. Connaissant l'énergie introduite sous forme de carburant E_{carb} [kW.h], déterminer le rendement de traction thermique lorsque le conducteur demande un couple positif $rend_traction_therm$ [-] (→ valeur globale).
- 8.6. En déduire l'énergie à introduire sous forme de carburant E_{carb_hyb} [kW.h] en supposant que le moteur thermique n'a plus qu'à fournir l'énergie $E_{traction_therm}$ [kW.h] (→ valeurs globales).
- 8.7. En déduire finalement l'économie en énergie introduite sous forme de carburant eco_E_{carb} [kW.h], la réduction de consommation de carburant eco_V_{carb} [L] et la réduction de consommation eco_C [L/100km] (→ valeurs globales).