

Partie A : Appropriation des problématiques (durée conseillée 2h)

Partie A.1 - Hybridation Thermique – Électrique des GMP

L'étude propose de montrer l'intérêt de l'hybridation du GMP sur le point de fonctionnement du moteur thermique.

Hypothèses retenues pour cette étude

Le véhicule roule à 80 km/h à vitesse stabilisée sur route horizontale.

Véhicule

- Masse totale : $m_T = 1300$ kg
- Maître couple : $S.Cx = 0,55$ m²
- Coefficient de résistance au roulement : $K_r = 0,015$
- on considérera un rendement unitaire pour la transmission

Groupe Moto-Propulseur

- Moteur thermique :
- Essence, 4 cylindres, 16 soupapes, cycle ATKINSON
 - Puissance maximum : 52 kW (70 CV)
 - Cylindrée : 1,5 litre
 - Courbe d'iso-consommation donnée en document réponse page 20

- Moteur électrique :
- Puissance utile max = 33 kW

Batterie d'accumulateurs

- Pmax durant la charge : 15 kW
- énergie utilisable : 720 Wh

Carburant

- Supercarburant :
- densité 0,72
 - rejets de CO₂ : 2,28 kg/litre brûlé

Point de fonctionnement du moteur thermique seul à la vitesse stabilisée de 80 km/h (V_{80})

QA1.1- Calculer la force de résistance à l'avancement du véhicule pour V_{80}
Pour faire ce calcul, on donne les relations suivantes :

$$F_r = K_r \cdot m_T \cdot g \quad (\text{Résistance au roulement due aux pneumatiques})$$

$$F_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^2 \quad (\text{Résistance due aux efforts aérodynamiques})$$

$$F = F_r + F_a$$

où :

- x K_r représente le coefficient de résistance à l'avancement dû aux pneumatiques

- x $g = 9,81\text{m/s}^2$
- x ρ représente la masse volumique de l'air ($1,2\text{ kg/m}^3$)
- x S représente la surface frontale du véhicule
- x C_x représente le coefficient de pénétration du véhicule

QA1.2- Calculer la puissance correspondante P_{80} que doit fournir le GMP pour la vitesse V_{80} .

QA1.3- Pour la puissance P_{80} , calculer et représenter sur le document réponse « Courbes iso-consommation », page 20, les valeurs du couple C_r pour les valeurs de n comprises entre 1000 tr/min et 4500 tr/min.

QA1.4- Toujours pour la puissance P_{80} , calculer le rejet de CO_2 en gCO_2/km dans le cas le plus favorable pour des vitesses comprises entre 1500 tr/min et 4500 tr/min.

Mise en évidence de l'intérêt d'une hybridation thermique-électrique pour les points de fonctionnement à la vitesse V_{80}

Phase 1 : Le véhicule roule à 80 km/h avec le moteur thermique réglé sur son meilleur point de fonctionnement : on prendra $n=2400\text{ tr/min}$; $C = 90\text{ Nm}$ soit une consommation spécifique (CSE) de 233 g/kWh . Le moteur thermique entraîne le véhicule et recharge la batterie.

QA1.5- Calculer alors la puissance que délivre le moteur thermique.

QA1.6- En déduire la puissance disponible pour charger la batterie.

QA1.7- La batterie étant déchargée, calculer le temps de charge pour ce régime de fonctionnement.

QA1.8- Calculer la consommation de carburant ainsi que la distance parcourue durant cette phase 1.

Phase 2 : La batterie d'accumulateurs est chargée, le véhicule roule à 80 km/h avec le moteur thermique éteint. Seul le moteur électrique entraîne le véhicule.

QA1.9- Calculer le temps de décharge de la batterie pour ce régime de fonctionnement ainsi que la distance parcourue par le véhicule.

Conclusion

QA1.10- Calculer le rejet de CO_2 en gCO_2/km pour cette motorisation.

QA1.11- En prévision de l'exploitation pédagogique, proposer une représentation graphique qui illustre la circulation des flux d'énergie durant chacune des phases.

Partie A.2 - Mise en évidence de problématiques liées au bus CAN

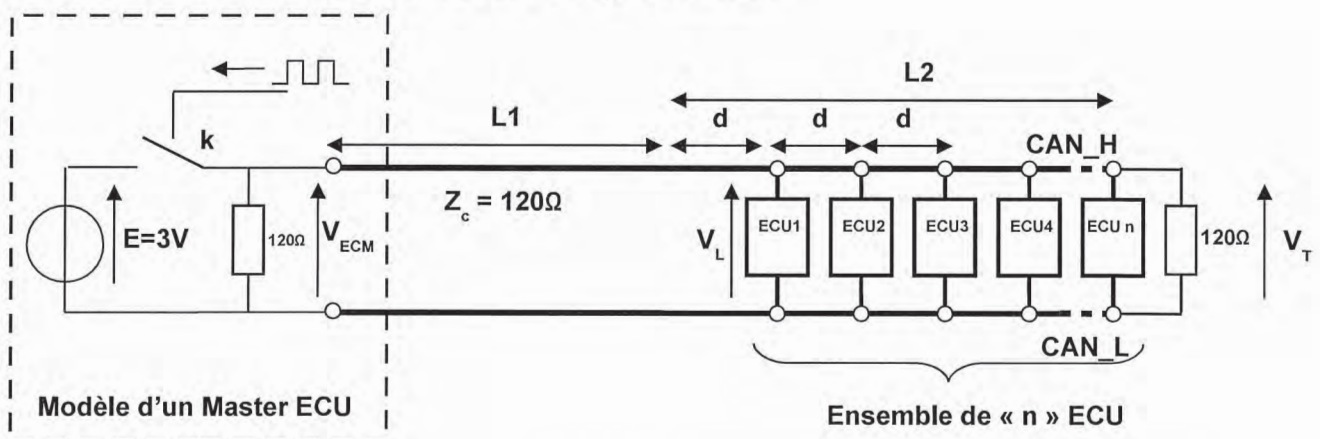
L'étude suivante propose de mettre en évidence différentes techniques permettant la fiabilisation des échanges d'informations au sein d'un bus CAN. Cette étude pourra servir de base lors de la conception de l'activité pédagogique, partie intégrante de la séquence devant être produite (demandée en partie B du sujet).

L'ensemble des relations mathématiques ou connaissances nécessaires à la résolution des questions posées ci-après est contenue dans le dossier technique.

Préconisation pour une règle d'espacement des ECU sur le bus

Les différentes ECU ne sont pas forcément uniformément réparties tout le long du bus. Il est ainsi possible de retrouver des ensembles d'ECU venant **dégrader localement l'impédance de la ligne**. Chaque ECU amène en effet un ensemble de capacités liées aux transceivers employés ainsi qu'à la connectique. On se propose d'analyser les contraintes liées à la disposition des différents ECU sur le bus et de valider une règle participant à l'amélioration de la robustesse du bus.

On considère le modèle suivant pour l'analyse menée :



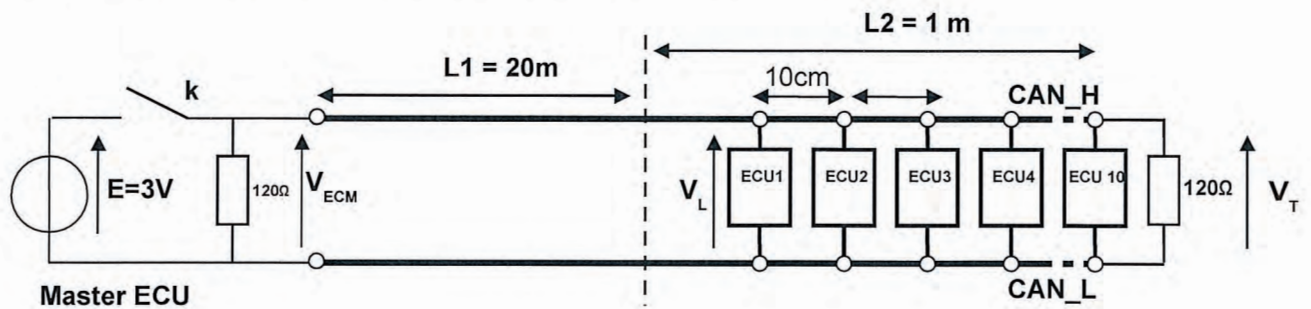
Pour **simplifier l'étude**, on considère que la capacité C_L amenée par chaque ECU peut être **uniformément répartie sur un tronçon de ligne de longueur « d »**.

QA2.1- C_L est la capacité maximum amenée par chaque ECU telle que :

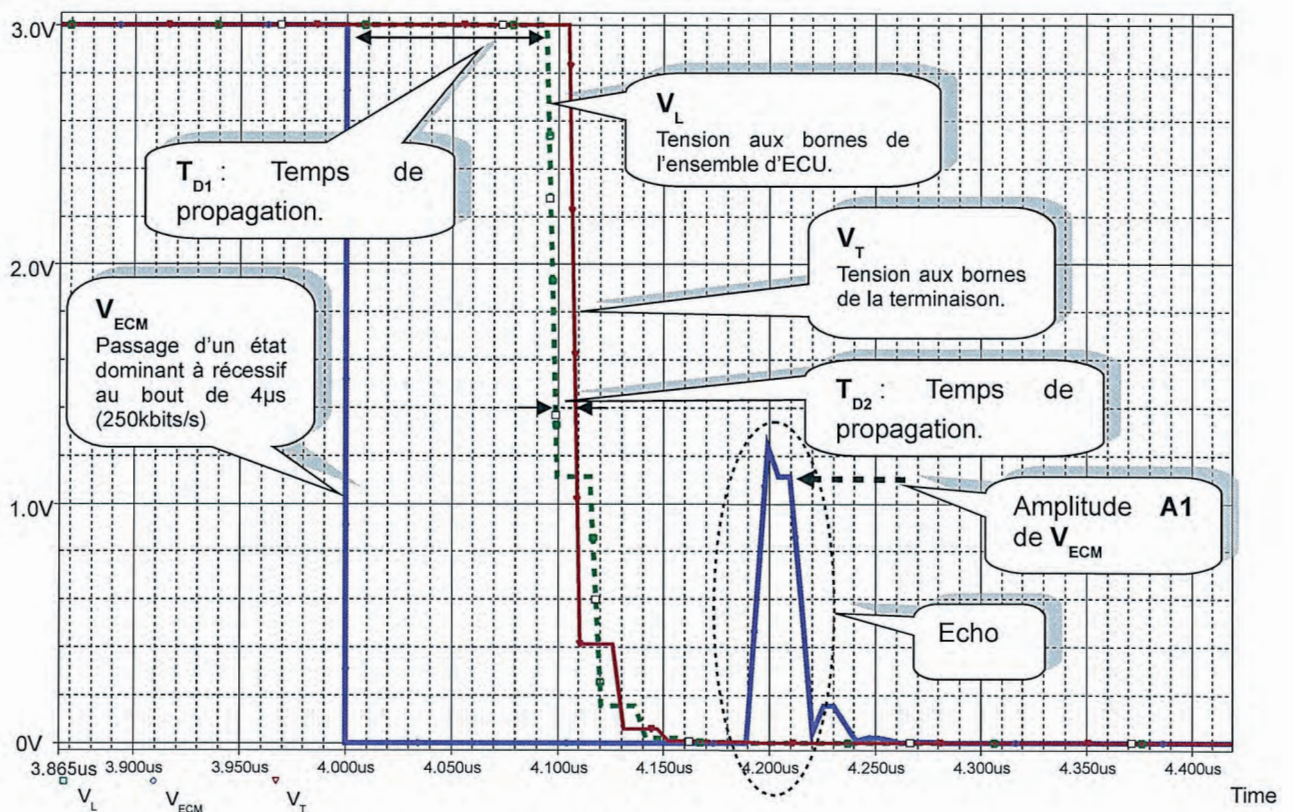
$C_L = C_c + C_T \max$ où C_c est la capacité différentielle équivalente liée au circuit imprimé et à la connectique de chaque ECU (estimée ici à 5pF) et $C_T \max$ est la capacité différentielle maximum de l'entrée du transceiver. Déterminer la valeur de C_L .

QA2.2- Déterminer l'expression de l'impédance caractéristique du tronçon de ligne de longueur L_2 (câble de longueur $L_2 + ECU$) en fonction notamment de C_L et de d .

Les problèmes engendrés par la présence d'ensembles d'ECU, groupés sur le bus, sont illustrés dans l'exemple ci-après (valeur de C_L déterminée précédemment) :



Résultat de simulation de la structure



QA2.3- Justifier les valeurs des durées T_{D1} et T_{D2} .

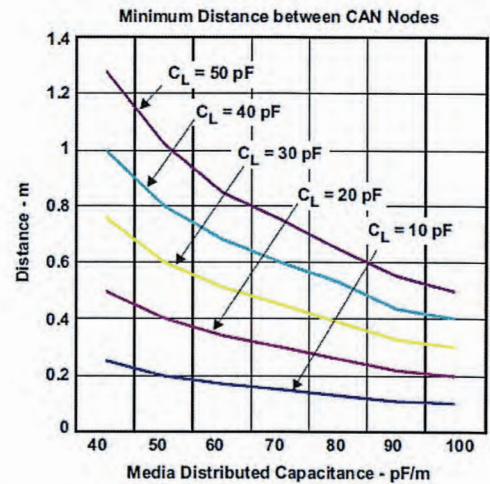
QA2.4- Dessiner un schéma faisant apparaître les différentes lignes entrant « en jeu » et préciser les différentes valeurs des impédances caractéristiques rencontrées (l'impédance caractéristique de la ligne de longueur L_2 sera notée Z'). Justifier succinctement :

- la présence de l'écho sur $V_{ECM}(t)$
- la valeur de l'amplitude $A1$ liée à la présence de Z' .

QA2.5- Préciser en quoi cet écho est gênant pour le Master ECU. Préciser la valeur limite de $A1$ qui est sans incidence sur l'état devant être interprété.

On se propose à présent de généraliser cet exemple en considérant une ligne (longueur L2) d'impédance Z' dont la valeur dépend, notamment, de C_L .

QA2.6- Établir, à partir des dernières analyses menées, une relation entre d , C_L et C permettant de valider les préconisations d'espacement des différentes ECU données par Texas Instruments (voir graphe ci-contre).



Gestion du trafic des informations

La gestion du trafic informationnel présent sur le bus CAN et notamment la résolution des conflits, dans le cas où plusieurs ECU désirent transmettre en même temps, impose un mécanisme de gestion des priorités.

QA2.7- Indiquer quel champ de la trame de données permet de gérer les conflits.

QA2.8- On considère pour cette question que deux ECU désirent émettre en même temps :

Identification	ID
ECU1 Brake	0x030
ECU2 Batterie ECU	0x03B

- Indiquer le nom de l'ECU qui prendra le contrôle du bus.
- Expliciter cette prise de contrôle.

Sécurisation du transfert des informations

Afin de sécuriser la transmission des données, un champ CRC (Cyclic Redundancy Check) est ajouté au champ de données. On se propose d'analyser, en partie, cette méthode qui permet à un récepteur de vérifier la validité des données transmises.

QA2.9- Montrer comment le récepteur (ECU) est capable de vérifier l'intégrité des données reçues (données correspondant au polynôme $T(x)$, voir dossier technique en **page 22**).

On considère que les données transmises correspondent à un polynôme $T_1(x)$ et que les données reçues correspondent à un polynôme $T_2(x)$. Le polynôme représentant l'erreur à la réception est $E(x) = T_1(x) \oplus T_2(x) = e_{n-1}x^{n-1} + e_{n-2}x^{n-2} + \dots + e_0$

QA2.10- Donner la valeur de $E(\mathbf{x})$ lorsqu'il n'y a pas d'erreur de transmission.

QA2.11- On considère que $T_1(\mathbf{x})$ est différent de $T_2(\mathbf{x})$. Définir la condition sur $E(\mathbf{x})$ pour laquelle aucune erreur n'est détectée.

QA2.12- Le polynôme BOSCH91 $G(\mathbf{x}) = \mathbf{x}^{15} + \mathbf{x}^{14} + \mathbf{x}^{10} + \mathbf{x}^8 + \mathbf{x}^7 + \mathbf{x}^4 + \mathbf{x}^3 + 1$ est divisible par $(\mathbf{x} + 1)$ (voir dossier technique page 22). En employant ce polynôme et dans le cas où aucune erreur n'est détectable, montrer que l'erreur contient un nombre pair de '1'. Conclure sur l'intérêt d'un polynôme $G(\mathbf{x})$ factorisable par $(\mathbf{x} + 1)$.

QA2.13- Montrer qu'une division du polynôme $x^k M(x)$ par $G(x) = x + 1$ conduit à réaliser un générateur de parité paire.

QA2.14- Conclure sur l'intérêt du bus CAN dans le contexte du véhicule hybride.